THEORETISCH - PRACTISCHE

WASSERBAUKUNST.

NEUE
UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUSGABE
VON

Carl Friederich Wiebeking,

Königlich Baierischen wirklichen geheimen Rath, Chef einer Ministerial - Section, geheimen Finanz-Referendär; General - Director des Wasser -, Brücken - und Strassenbaues; Ritter des Civil - Verdienst-ordens der Baierischen Krone und des Kaiserlich - Russischen St. Annen - Ordens zweyter Klasse; des französischen Instituts Korrespondenten; Mitglied der Königlich Baierischen Akademie der Wissenschaften; der Holländischen Akademie der Wissenschaften zu Haarlem; der Königlichen Societät der Wissenschaften zu Göttingen; der Holländischen Gesellschaft der Experimental - Philosophie zu Rotterdam; der Königlich Preufsischen Akademie der Künste zu Berlin, und der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Heidelberg.

DRITTER BAND
MIT
ZWEY UND DREYSSIG KUPFERN.

Auf Kosten des Verfassers.

München,
gedruckt bey Joseph Zängl
1814.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seiner Königlichen Hoheit

dem

Souverainen Fürsten der Vereinigten Niederlande.

ALLERDURCHLAUCHTIGSTER SOUVERAIN

ALLERGNÄDIGSTER FÜRST UND HERR!

Euer Königlichen Hoheit haben durch die Einführung einer die Holländer beglückenden Konstitution, den überzeugendsten Beweis davon gegeben: daſs Sie von dem Einflusse, den die Wasserbaukunde auf die allgemeine Wohlfahrt der Niederlande hat, lebhaft überzeugt sind. Es werden daher bald mit einigen fehlerhaften Fluſsbezirken und mit ihren Bedeichungen, so wie überhaupt mit dem gesammten Aeussern- und Innern-Wasserstaat der Niederlande, wichtige Verbesserungen eintreten.

Solche groſse Unternehmungen, die den Zweck haben: die Fahrbarkeit der Flüsse zu verbessern, die Fluſs- und Küsten-Gegenden, gegen Ueberschwemmungen zu schützen, die Entwässerungen vollständig zu bewirken, die Häfen nützlicher zu machen, so wie die Communicationen durch Brücken, Canäle und Kunststraſsen zu erleichtern, können aber in keinem Lande gedeihen, wo man die Wasserbaukunst nicht achtet, noch ihren ächten und emsigen Stellvertretern, Vertrauen und Unterstützung schenkt, sondern sie vielmehr dem Neide, den verwickelten Geschäftsformen und den unnützen Vielschreibereyen Preis giebt; zur rechten Zeit die Mittel versagt; und wo die Regierung gegen die öffentlichen, den Nutzen des Gemeinwesens bezweckenden Werke gleichgültig ist! Euer Königlichen Hoheit haben diesem allem durch die in der Konstitution der Niederlande ausgesprochene Würdigung des Wasserbaues, so wie durch Errichtung einer Generaldirection, schon jetzt, gröſstentheils,

begegnet. Der chef dieser Behörde, durch gründliche Kenntnisse und Erfahrung in der Wasserbaukunst, geleitet, wird daher ohne zweifel, unter EUER KÖNIGLICHEN HOHEIT *weisen Regierung, die wichtigsten Werke entwerfen und ausführen; die Wasserbauten Hollands müssen deswegen immer als eine lehrreiche schule für die der Wasserbaukunde Beflissenen betrachtet werden. Ich aber werde einen Theil der Belohnung für die auf meine Kosten in Holland unternommenen Reisen, und für meine schriftstellerischen Arbeiten darin finden, wenn die in diesem Werke, zur Verbesserung des holländischen Wasserstaats gemachten Entwürfe,* EUER KÖNIGLICHEN HOHEIT *Aufmerksamkeit erregen, und wenn sie alsdann eine Veranlassung zu Untersuchungen kenntnißvoller Ingenieure werden; welche, indem man sie bekannt machte, ein neuer Gewinn für die Wissenschaft des Wasserbaues seyn müßten. Mit diesen Hoffnungen ersterbe ich ehrfurchtsvoll*

EUER KÖNIGLICHEN HOHEIT

München den 22. August 1814.

unterthänigster und ganz gehorsamster Diener,
Ritter von Wiebeking.

SENDSCHREIBEN

AN

DIE HOLLÄNDISCHE ACADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU HAARLEM UND AN DIE GESELLSCHAFT DER EXPERIMENTAL-PHILOSOPHIE ZU ROTTERDAMM.

Wenn irgend eine Gesellschaft von gelehrten und achtungswürdigen Männern auf die Dankbarkeit derjenigen Ingenieure, welche sich der Wasserbaukunde gewidmet haben, gerechte Ansprüche machen kann, so sind es Diejenigen, an welchen ich diese Zeilen zu richten, mich für verpflichtet halte: denn Sie haben sowohl über die Verbesserung einiger Gegenstände des Innern- als Aeufsern-Wasserstaats von Holland, und den Maschinen mit welchen die Polder vom Wasser frey gehalten werden, wichtige, in ihren Schriften beantwortete Preisaufgaben veranstaltet, und Sie suchten hierdurch auf die Vortheile Ihrer Mitbürger kräftig einzuwirken! Indem ich Ihr für die Wasserbaukunde so wichtiges Vaterland in der Absicht mehrmahls bereifste, um dessen Wasserstaat kennen zu lernen, so war es mir möglich: über denselben, solche Aufschlüsse zu geben, die für das Studium der Wissenschaft von Nutzen seyn dürften. Kein Land der Welt hat auch so viele Flufs- und Seeufer-Bauwerke und Schleusen, so grofse Schöpfmaschinen, Austrocknungen, Dämme und Canäle, als Holland, *worin die Kammerschleusen erfunden sind, und dessen physische Existenz von der Anwendung der Wasserbaukunde abhängt.* Dieses letztere führte auch der für diese Wissenschaft und für Holland zu früh verstorbene General-Inspector *Brunings* in den vortrefflichen Verzamelingen van Rapporten etc. 1798, welche auf Veranlassung der damaligen Provinzial-Comité gedruckt wurden, folgendermaafsen an: »diese Comité »hat, bey ihrem Bericht über die Bereisung der holländischen Flüsse, die *Wasserbaukunde* »als eine Wissenschaft erkannt, waar by dit ons Land, het welk alleen door Konst word »boven water gehouden, staan of vallen moet.« Nothwendig mufste sie also ein vorzüglicher Gegenstand der Sorgfalt derjenigen *fürstlichen Familie* werden, von welcher die Niederlande gegenwärtig wieder eine wohlthätige Freyheit aller Gewerbe und des Handels, also Glück und Wohlstand zu erhalten, die gegründeste Hoffnung haben. Besonders ist sehr vieles auf Anrathen jenes Mannes, *(Brunings)* dessen Andenken ihr Vaterland stets

mit Dankbarkeit ehren wird, bey dem Lauf ihrer obern Flüsse vervollkommnet worden, und ich schmeichle mir, in diesem Werke, erörtert zu haben: dafs alle von den Flüssen und der See kommenden verderblichen Ueberschwemmungen abgewendet, auch der Lauf von den Untern-Flüssen, sowohl in Hinsicht der Fahrbarkeit als der Entwässerung und Sicherstellung gegen Hochgewässer verbessert, und das Y vor Amsterdamm vertieft werden kann, ohne dafs die Mittel drückend für die Nation sind. Sehr glücklich werde ich mich schätzen, wenn aus meinen zur Verbesserung des Innern- und Aeufsern-Wasserstaats gemachten Entwürfen, nur einiger Nutzen entstehen sollte; wenigstens werden Sie, meine hochgeschätzten Herren Kollegen, in diesem Werke, ein ämsiges Bestreben finden: die Wasserbaukunde, durch einfache Lehren zu begründen, und ihr Studium durch Beyspiele zu erleichtern; wo hätte ich aber in der Flufs-, Deich-, Schleusen-, Hafen- und Seeuferbaukunde, so wie für die Lehre der Austrocknungen und Entwässerungen und für den Bau grofser Schöpfmaschinen, wichtigere auffinden können, als in Holland; worin zwar viel geschehen ist, aber auch noch viele grofse Wasserbauanlagen zu bewerkstelligen sind, wenn seine Häfen und Flüsse nicht noch mehr versanden und die natürlichen Auswässerungen nicht in künstliche verwandelt, wenn die Seeufer gegen den Angriff des hoch brandenden Meeres so wie der Südersee, und grofse fruchtbare Landesbezirke, gegen die Eisgänge und Hochgewässer der Flüsse, geschützt werden sollen.

Indem ich Sie bitte, die Versicherung meiner Hochachtung für Ihre wissenschaftlichen Vereine mit Wohlwollen anzunehmen, verharre ich

Ihr

München den 1. August 1814.

ganz ergebenster Kollege und Verehrer

Ritter von Wiebeking.

ACHTE ABTHEILUNG

DER

WISSENSCHAFT DES WASSERBAUES.

CANALBAUKUNDE UND SCHIFFBARMACHUNG DER FLÜSSE.

EINLEITUNG.

§. 1.

Daſs einige des wasserbaues unkundige behaupten: die Entwerfung und Ausführung der Canäle erheische tiefere Kenntnisse in der wasserbaukunde als die schiffbarmachung der Flüsse, ist leicht erklärbar; denn die mehrsten dabey vorkommenden werke, wie z. B. die Brückwasserleitungen, schleusen und groſse wasserbehälter fallen mehr auf, als diejenigen Arbeiten, mit denen man den Lauf der Flüsse verbessert. Ja! die Anlage eines canals schmeichelt gewöhnlich dem Ehrgeitz der Gewalthaber mehr als die zur schifffahrt abzweckenden Fluſscorrektionen, mit denen zugleich die ueberschwemmungen abgewendet und die bessere Benutzung der uferlande bezweckt wird. Der Kenner würdigt aber unternehmungen der Art nach denen dem Ingenieur erforderlichen Einsichten und wissenschaftlichen Kenntnissen, so wie nach den zu überwindenden schwierigkeiten und den aus den Anlagen für die Nation entspringenden vortheilen. In der That kann auch die schiffbarmachung der Hauptflüsse, ohne gründliche Kenntniſs der Fluſs- Deich- und wehrbaukunde nicht vollzogen werden; sehr oft erfordert dieselbe zugleich die Anlage von canalstrecken, Brückwasserleitungen, schleusen und groſsen Brücken, so wie solche Einrichtung, wobey das aus dem Flusse abzuleitende Gewässer neue Maschinen aller Art im umtrieb setzt oder die bestehenden erhält; bey allen diesen Anlagen muſs auch auf die Abwendung der ueberschwemmungen gesehen werden. Also machen die canalbaukunde und die Lehre von der schiffbarmachung der Flüsse nur eine und dieselbe Abtheilung der wasserbaukunst aus! Ich will demnach zuerst den *canalbau*, und später *die schiffbahrmachung der Flüsse*, vortragen. Beyde Gegenstände haben mehrere Anlagen gemein, als da sind: wehre, Dämme, Aquaeducte u. s. w. Nachdem also der wehr-, Deich- und schleusenbau in den ersten Bänden abgehandelt ist:

so will ich, aufser den Canalbrücken, die bey Canälen vorkommenden Anlagen betrachten, zuvor aber von dem Nutzen der Canäle und schiffbaren Flüsse einiges anführen. Ich werde dabey von den Bemerkungen meines ältesten Sohnes *Carl*, welcher am 16. November 1813 von seiner Bereisung der wichtigsten Canäle Frankreichs zurückkehrte, einige aufnehmen, weil dadurch die neuesten Beobachtungen und Resultate zur Kenntnifs des Lesers gelangen.

§. 2. Die *Schifffahrts-Canäle* und *schiffbahren Flüsse* — das Commerz, den innern Verkehr, den Ackerbau und die Gewerbe aller Art befördernd, indem sie die Transport-Kosten gegen die Landfracht vielfach verringern und zur Schonung der Landstrassen beytragen, in dieser Hinsicht immer wiederkehrende Auslagen ersparen — werden von allen kraftvollen und das allgemeine Wohl befördernden Regierungen zu den wichtigsten Werken gezählt; wo man ihrer nicht achtet, da wird die Wohlfahrt des Staats geringe geschätzt, und die an der Spitze der Geschäfte stehenden Beamten sind ohne Gefühl für das allgemeine Befste, für Ehre und Ruhm; die mit der blossen Affectation, als wenn sie dergleichen Unternehmungen befördern wollten — genug gethan zu haben glauben, während sie kalt und taub bey allen Verbesserungs-Vorschlägen, wodurch die Mittel zur Ausführung creirt werden, bleiben. *) Kein Wunder daher, wenn kluge Regierungen dem Canalbau und der Schiffbarmachung der Flüsse eine vorzügliche Aufmerksamkeit widmen, und dafs deswegen in vielen civilisirten Ländern ein reges Bestreben, zur Anlage von Canälen entsteht. Für manche Staaten sind aber leider die Vortheile, welche Rufsland, Frankreich, England, Preussen, Schweden, Holland und China von ihren Canälen ziehen, vergebliche Beyspiele und selbst die Vereinigung grofser schiffbahrer Flüsse, vermittelst eines Canals, hat für sie wenig oder gar kein Interesse; eine Thatsache, die räthselhaft scheinen würde, wenn man nicht die Wirkungen der Intriganten und Neider, welche sich überall gegen die grofsen und nützlichen Unternehmungen stemmen, kennte und es wüfste, wie bereitwillig sie gehört werden. Ja! es ist eine traurige Bemerkung, die sich dem Beobachter aufdringt, dafs öfters weder Erfahrung, Klugheit noch Beyspiele, wichtige Verbesserungen einführen, sondern gröfsten Theils ächte Kinder des Stolzes oder der Noth sind. Doch diefs soll mich nicht zurückhalten, diejenigen Mittel, womit die bessere Benutzung der Gewässer zur Schifffahrt ausführbar wird, bekannter zu machen und so fafslich, als ich es vermag, vorzutragen. Ich werde mich daher bemühen, auch diese Abtheilung der Wasserbaukunde durch allgemeine Maximen und Beyspiele zu lehren. Dieselbe kann zu denjenigen Gegenständen der Staats-Oeconomie gezählt werden, die dem, welchem sie anvertraut sind, vielen Verdrufs bereiten, wenn sie weder Heuchler noch niedrige Schmeichler ihrer Vorge-

*) In China sind die General-Gouverneurs angewiesen, die Canäle mit vorzüglicher Sorgfalt zu behandeln. Ich könnte aber Landestheile aufweisen, worin der Administrations-Chef eher alles andere, als die Anlage eines Canals oder den Chausseebau unterstützen würde!

setzten sind, nicht zu den begünstigten Familien gehören, und nur durch Kenntnisse, Redlichkeit und Energie im Dienst, wirken wollen! Der vorzüglichste Mitarbeiter am Mittäglichen-Canal, *Andréossy*, hat dieses auch erfahren. Er sagte: „Mon plus grand embarras a toujours été de persuader ceux qui ne pouvoient ou ne vouloient m'entendre.“ Und diefs widerfuhr ihm unter einem Könige, dessen Anverwandte, der Prinz *Conti*, sich in einer Versammlung der Stände von Languedoc in Hinsicht des Beytrages zum Bau des Canals, unter andern folgender Maafsen ausdrückte: „L'on cherchoit autrefois de toutes parts des hommes intelligens dans la connoissance de la conduite des eaux, pour couper des montagnes et embellir des palais que l'on bâtissoit du sang du peuple; présentement l'on detourne le cours des rivières, l'on rassemble des eaux de toutes parts; on les conduit avec soin, avec artifice et dépense; mais ce n'est ni pour embellir les jardins de Lucullus ni pour satisfaire au luxe de Séjan, tout se rapporte au bien public, à la grandeur de l'état et à l'avantage des peuples.“ *Froidour* schrieb am 6. May 1671 an den Minister Colbert über den guten Fortgang der Arbeiten dieses Canals und fügte noch hinzu: „cependant si vous voulez écouter la plupart des gens du pays, vous n'en trouverez presque point qui ne vous soutienne, que cette entreprise n'aura aucun succès, car ôutre les prèjugés de l'ignorance, plusieurs en parlent par chagrin, peut-être parceque, pour faire le canal, on leur a pris quelque morceau de terre, dont ils n'ont pas été dédommagés au double, ou au triple, selon qu'ils se l'étoient proposé. Il y a d'ailleurs des esprits bourrus, qui vous diront la même chose, parce qu'ils sont accoutumés à désapprouver et à décrier tout ce qui s'entreprend d'extraordinaire. Il s'en trouve même d'assez mal tournés, pour en parler mal, par l'envie et par la jalousie qu'ils ont contre le mérite et le bonheur du sieur *Riquet*.“ So finden also fast überall grofse den Neid erregende Unternehmungen, ihre Widersacher, welche selbst diejenigen dagegen einnehmen, zu deren Vortheil und Ruhm dieselben angelegt werden, und wohl dem Ingenieur, der auf die Unterstützung solcher Männer, als Colbert war, *sicher* rechnen kann!

§. 3. Die Vortheile schiffbarer Flüsse oder der Meere und Landseen verbindenden Canäle bestehen vorzüglich darin, dafs darauf, wenn deren Breite und Wassertiefe mit der Breite des Schiffes und seiner Eintauchung im guten Verhältnifs stehen, ein Pferd fünfzehnhundert Zentner und mehr ziehen kann, folglich die Last, wozu auf den Landwegen hundert bis hundert und zwanzig starke Pferde gebraucht werden, fortzieht, ohne dafs die Strassen des Landes verdorben werden. Da die Transportkosten (ohne alle übrigen Spesen), auf Landwegen im Mittel für 100 Zentner, für die Stunde Weges, zu 100 kr. angenommen werden können: so kostet die Canalfracht nur 1 kr. für eben diese hundert Zentner. Sind die Canäle der Sparsamkeit wegen nach kleinen Dimensionen angelegt, so kann ein Pferd doch wenigstens 600, auf einer Canalbarke geladene Zentner ziehen, das ist, etwa fünfzig Mal

mehr als auf Landwegen, so dafs hundert Zentner per Stunde nicht höher als auf 2 kr. blofs an Frachtlohn zu stehen kommen. Es versteht sich, dafs hierbey weder die Spesen noch die Wegegelder und andere Abgaben mitgerechnet worden sind, die sich auf das vierfache belaufen können. Wenn man also beyläufig die Masse der zu transportirenden Waare kennt: so wird man die Ersparnifs an Transportkosten, an Pferden, Fütterung und an Arbeitstagen für Menschen, berechnen können, und ist diefs alles nicht gegenwärtig für das, durch Kriege erschöpfte, Europa wichtiger als jemals? Hiezu kömmt noch, dafs, vermittelst einer wohlfeilen Fracht, alle im Verhältnifs der Schwere, wohlfeilen Dinge, nach den entferntesten Gegenden, auf Canälen und Flüssen, transportirt werden können: als z. B. Getreide, Bauholz aller Art, Steine, Leder, Porzellanerde, Steinkohlen, Roheisen u. dgl., so dafs die Wälder den Schiffswerften näher gerückt sind, und das Grundeigenthum in allen unweit einem solchen Canale liegenden Gegenden an Werth steigt, die Industrie und der Verkehr dieser Gegend belebt und eine Regsamkeit hervorbringt, von der man, vor Anlegung des Canals oder vor Schiffbarmachung eines Flusses, gar keine Idee hatte. So ist es allgemein bekannt, dafs der von dem chinesischen Kaiser *Chit-Fu* von *Pecking* nach Norden und Süden angelegte Canal, dessen Länge dreyhundert Meilen beträgt, und den man den Canal von *Yunlyangho* nennt, die Quelle alles Verkehrs und des Reichthums der Chinesen ist. Er verbindet überdiefs alle schiffbahren Flüsse des Reichs und bildet eine fortgehende Wasserstrafse von sechshundert Meilen; von ihm gehen wieder kleinere Canäle nach den Städten und Flecken ab. Vielleicht ist bey diesem im 3ten Jahrhundert angelegten Canal die am Ende des 2ten Bandes beschriebene Einrichtung der Schleusen zuerst ausgeführt worden, die wohl noch besser gemacht seyn mag. Ich bin daher weder der Meinung des Paters le Comte noch anderer Reisenden, welche uns, ich möchte sagen, ganz abentheuerliche Notizen über die Art, wie man die Schiffe auf den chinesischen Canälen über Abfälle hebt und fallen läfst, mitgetheilt haben. Im Kriege erleichtern nun schiffbahre Flüsse und Canäle ganz vorzüglich das Ungemach, welches ein dem Kriegsschauplatz ausgesetztes Land zu ertragen hat, und welches jetzt (1813) gröfser als jemals ist. Dieses Unglück wird durch den Wassertransport gemildert, wenn anders die Habsucht der commandirenden Offiziere und Kriegs-Commissäre nicht den Landtransport dem Wassertransporte defswegen vorziehen, um den Schiffslohn zu ersparen, und bey dem Vorspannwesen, auf Kosten der Pferdebesitzer, allen denjenigen, die solche verlangen, Gelderpressungen zuzuwenden, wie ich denn hierüber mehrere Beyspiele anführen könnte! Geschütz, Munition, Lebensmittel, Waffen aller Art, ja selbst die Infanterie kann auf schiffbahren, vom Feinde entfernten Gewässern, besser als zu Lande fortkommen. Wenn aber einmal alle Billigkeit mit Füssen getreten werden soll, so wäre es dennoch eine Wohlthat, vom Lande selbst den Schiffslohn bezahlen zu lassen, als dasselbe mit der Vorspann zu Grunde zu richten!

In Hinsicht des Commerzes sey es mir erlaubt, eine ungefähre Berechnung über einige aus dem zwischen der *Donau* und dem *Rhein* anzulegenden Canal resultirenden Vortheile anzustellen. Wie grofs und vielseitig der aus Schifffahrts-Canälen entstehende Gewinn ist, mag also folgendes begründen. Es werden z. B. auf dem Mittäglichen-Canal die jährlich transportirten Lasten zu 1,200,000 Centner angegeben, wozu man 3000 Menschen und 10,000 Pferde brauchen würde, wenn der Transport mit Frachtwägen geschehen müfste. Die aus dieser Canalfahrt erwachsenden Ersparnisse, gegen die Landfracht, rechnet man jährlich auf 4,900,000 Francs, und für die Agrikultur eine gröfsere Erträgnifs von 5,100,000 Francs. Auf dem die Theis mit der Donau in Ungarn verbindenden von dem *Kaiser Franz* und einer Gesellschaft reicher Privatpersonen angelegten Canal wurden i. J. 1812 an Getreide, Salz, Kupfer, Holz, Taback u. s. w. eine Last von 1,148,544 Centner auf 573 Schiffen verfahren, so dafs auf ein Schiff im Mittel $2004\frac{1}{2}$ Centner kommen; die gröfsten diesen Canal befahrenden Schiffe laden 7 bis 9000 Centner. Zu dieser Last wären 143588 Pferde, also täglich 478 (auf 300 Tage im Jahr gerechnet) nothwendig gewesen, weil man nur 8 Centner Last auf die kleinen ungarischen Pferde rechnen kann. Auf beyden Canälen wird also eine beynahe gleiche Last verfahren. Doch ich komme jetzt auf die Verbindung des Rheins mit der Donau.

Es sollen z. B. durch *Baiern*, von Oestreich nach dem Mayn und Rhein; von Baiern nach den Mayn- und Rheingegenden und zurück, jährlich 4,000,000 Centner transportirt werden, wenn die schiffahrtsfähige Verbindung der Donau mit dem Mayn hergestellt ist: so würde man $\frac{4,000000}{300 \cdot 12} = 1111$ Pferde täglich zur Rücklegung eines Weges von zehn Stunden gebrauchen, weil ich 300 Fuhr-Tage im Jahr und 12 Centner auf ein Pferd rechne. Wenn vier Pferde an einen Wagen gespannt werden, so gebraucht man täglich 276 Wagen, das sind 138 Wagen hin und 138 Wagen zurück, und eben so viele Knechte. Die Länge des Weges, das ist, von Bamberg bis Regensburg, den der Canal eröffnet, beträgt etwa funfzig Stunden, also mufs das Fünffache an Pferden, Knechten und Wägen angenommen werden. Auf der Donau und dem Mayn werden nur flufsaufwärts Pferde gebraucht, und auf dem Canal soll jedes Pferd 840 Centner, auf der Donau und dem Mayn 150 Centner ziehen, so gebraucht man täglich $\frac{4,000000}{200 \cdot 840}\ 5 = 120$ Pferde *) zur Canalfahrt. Weil ich auf 200 Tage des Jahres eine offene Canalfahrt rechne, für die Donau- und Maynfahrt $\frac{2,000000}{150 \cdot 200} = 66$ Pferde täglich für je 10 Stunden. Es sind demnach zur Canalfahrt $1111 \cdot 5 - 120 = 5435$ täglich weniger Pferde nothwendig, als wenn diese Last auf Wägen fortgeschleppt werden müfste. Hierdurch entstände also für das Commerz ein Profit von 3,261,000 fl. jährlich, also die Interessen von fünf und sechszig Millionen zweymal hundert zwanzig tausend Gulden; ich rechne nämlich, dafs für Geschirr, Wägen und

*) Weil die Hälfte flufsabwärts gefahren wird.

Knechte u. s. w. jedes Pferd 600 fl. jährlich verdienen mufs, wenn der Fuhrmann nur einigermaafsen bestehen soll.

Diese Berechnung stimmt auch ziemlich mit den oben angenommenen Ansätzen überein: denn da 100 Centner per Stunde 100 kr. an Land-Fuhrlohn kosten, so betragen vier Millionen Centner auf den Weg von 50 Stunden die Summe von 3 $\frac{1}{2}$ Millionen Gulden: hiervon den Transport auf Canalbarken mit $\frac{1}{30}$ abgezogen, so erhält man 3,430000 fl. Vortheil. *)

Die bey dem Wassertransport gegen den Landtransport ersparten Pferde können also dem Landbau zugewendet werden, und ist dies nicht äufserst wichtig? Auch würde der Werth der Waldungen und übrigen Grundstücke, bis auf zwey Stunden von dem Canal, bald um das Doppelte steigen.

Unter allen Canälen der Welt hat keiner ein so allgemeines wichtiges Interesse für viele Nationen, als dieser von der Donau nach dem Mayn, (der also jenen Flufs mit dem Rhein verbindet) zu führende Canal. Derselbe würde die Donauschifffahrt erst emporbringen, den Verkehr auf dem in Frankreich im Bau begriffenen Napoleons-Canal vergröfsern, und den Waaren-Transport aus der Türkey, vom Asowschen- und Schwarzen-Meere, also von Süd-Rufsland nach dem Rhein, folglich nach Teutschland, Frankreich und Holland und zurück erleichtern. Wenn nämlich die Schifffahrt auf der untern-Donau gut eingerichtet würde, dann müfste ein neuer Handelsverkehr zwischen allen diesen Staaten entstehen. Baiern würde sein Getreide und Schiffsbauholz nach entlegenen Ländern und nach den Werften der Schelde und Maas absetzen, und so müfsten, durch diese Wasserstrafse, neue Commercial-Verbindungen eröffnet werden, deren wohlthätige Folgen durch keine Berechnung zu entwickeln sind: denn eine Art Verkehr erzeugt wieder vielfache commercielle Regsamkeit. Unter diesen Rücksichten habe ich die zu verführenden Lasten jährlich zu vier Millionen Centner angenommen! Aehnliche Betrachtungen waren die Beweggründe zur Verbindung des Oceans mit dem Mittelländischen-Meere vermittelst *des Mittäglichen Canals*, der Nordsee mit dem Baltischen Meere durch den *Hollsteinschen Canal*, der Donau und Theis mit dem *Ungarischen-Canal*; zur Anlage des Canals von Trolhätta in Schweden; des *Bomberger-*, des *Friedrich-Wilhelm-Canals*, des *Finow-* und des *Plauenschen-*Canals; vier Canäle, welche die *Weichsel* und *Netze*, *Oder* und *Spree*, *Oder* und *Havel*, und die *Havel* mit der *Elbe* verbinden: Canäle, die man vermittelst des von mir auf Einladung der Regierung von *Westphalen*, von der *Elbe* nach der *Weser* entworfenen Canals, bis zur Nord-

*) In Baiern bezahlt gegenwärtig die Salinen-Administration per Stunde und Centner einen Kreuzer Transport, welches freylich ein äufserst geringer Verdienst ist. Sie bezahlt für das 525 Pfund wiegende Fafs Salz von Traunstein bis Wasserburg 1 fl. 18 kr., welches eine Entfernung von 14 1/2 Stunden ist. Der Landmann ladet 21 Centner auf einen mit zwey kleinen Pferden bespannten Wagen, welches ohne Zweifel den befsten Beweis von dem guten Zustande der baierischen Chausseen abgibt; vor sechs Jahren konnte er nur 10 1/2 höchstens 15 3/4 Centner, das ist, zwey bis drey Salz-Tonnen laden, jetzt ladet er stets vier Tonnen.

see fortsetzen könnte! Solche Reflexionen und Berechnungen haben die Canäle von *Liverpol* bis *Hull* zwischen der *Irländischen* und *Nord-see*, von der *Mersey* nach der *Themse*, und viele andere Canäle in England, Holland und Frankreich, den Ladoga-Canal, und mehrere Canäle in Rufsland und China hervorgebracht. Möge der *zwischen dem Mayn und der Donau*, den bereits *Carl der Grofse* anfieng, aber beym Mangel von Kammer-Schleusen nicht ausführen konnte, endlich eine wichtige Unterstützung finden! Wie grofs der Vorzug aller Wasserstrafsen vor Landstrafsen ist, dies beweiset uns der Umstand: dafs, wiewohl unsere Flüsse sich fast selbst überlassen sind, seichte Stellen haben, die eine Umladung der Waaren nothwendig machen, auch überdies die Joch- und Pfahlbrücken gefährlich für die Schifffahrt gestellt und zu niedrig mit ihrem Fahrwege sind, wiewohl die mehrsten Regierungen wenig oder gar nichts für die Flufsschifffahrt thun, vielmehr dieselben mit Zöllen und Chikanen aller Art erschweren, zu den Ziehwegen selbst die erforderlichen Mittel nicht bewilligen, und den Wasserbaukundigen das Leben verbittern, dennoch eben diese Flüsse mühsam befahren werden. Wenn gleich die am Ende des vierzehnten Jahrhunderts mit Stauschleusen schiffbar gemachte *Stecknitz* und *Delvenau* eine solche beschwerliche Fahrt darbiethen, dafs von der Elbe bis Lübeck ein Schiff auf einem Wege von 20 Stunden drey Wochen zubringen mufs, so rechnete man, bis vor den letzten Kriegen, dafs auf dieser Wasserstrafse jährlich 5000 Commerz-Lasten transportirt wurden. Wiewohl jetzt die Flufsschiffe nach einer fehlerhaften Form erbaut werden und fast überall von den Gouvernements nicht der Mühe werth geachtet wird, diese Form zu verbessern, ja wenn gleich einige Regierungen ihr eignes Gut, als Getraide und Salz nicht auf zweckmäfsig gebauten Schiffen transportiren lassen, nicht einmal die unbedeutendsten Summen anwenden, wo ein hundertfacher Gewinn entstehen mufs: so wird dennoch vom Publikum der Transport auf den sich selbst überlassenen und in schädlichen Krümmungen fliefsenden Flüsse der Landfracht vorgezogen. Wie grofs mufs also nicht der Gewinn bey der Wasserfracht seyn! Ich komme daher zu den bey Canälen erforderlichen Ableitungen und Zuleitungen des Wassers.

ERSTES KAPITEL.

CANALBAUKUNDE.

a) Von der Ableitung des bey der Schifffahrt überflüssigen Wassers aus Canälen, b) von dem Durchleiten des Wassers unter dem Bette der Canäle oder von den Aquaeducten, c) von der Leitung des Wassers über Canäle oder den Brückwasserleitungen (ponts aqueducs), *d) von der Zuführung des Wassers zum Füllen der Canäle, und e) von den Wasserbehältern zur Sammlung des Speisewassers.*

a) Von der Ableitung des bey der Schifffahrt überflüssigen Wassers aus Canälen.

§. 5.

Bey Canälen ist die Anlegung einer hinreichenden Anzahl Seitenablässe, die aus Schützen, Balkenwänden und Drehthoren oder heberartigen Gewölben bestehen, oder mit Aufziehzapfen geschlossen werden können, wichtig, weil das Canalwasser niemals die Ufer übersteigen darf, indem es sonst die Canalgegenden überschwemmt und die Uferdämme und Ziehwege zerstört; vorzüglich kann ein solches Ereigniſs, bey Gewitterregen und beym Thauwetter, wenn der Canal voll Eis und Schnee liegt, entstehen. Leider war der Mittägliche-Canal zuweilen den schädlichen Wirkungen der Hochgewässer ausgesetzt, und um die Feld- und Bergwasser unter denselben wegzuleiten, hat dabey *Vauban* 54 Durchlässe anlegen lassen. Sowohl diese als die nachherigen Verbesserungen haben keine Ueberschwemmungen mehr statt finden lassen. Bereits 1673, also kurze Zeit nach der Anlage, überschwemmten die Bäche Lers und Gardyol den Canal, ja sie rissen mehrere Schleusen fort; vier Jahre später trat der Orb-Fluſs aus seinen Ufern und häufte groſse Canalstrecken mit Sand und Schlamm an. Man war daher genöthigt, mehrere Brückwasserleitungen am Canal anzulegen, und so das Wasser der Wildbäche unter dem Canal fortzuführen. Demungeachtet war der vom Orb-Flusse verursachten Ueberschwemmungen wegen in den Jahren 1705 und 1706 die Schifffahrt eilf Monate über gesperrt. Man sieht daher, wie nothwendig den Canälen solche Seitenablässe sind, die ihr überflüssiges Wasser in die Nebengräben, Bäche oder Flüsse abführen. An solchen Stellen, wo das Wasser in einen groſsen Neben-

graben oder in Bäche fallen kann, lege man daher gemauerte Ueberfälle an, deren aus Bohlen oder großen Werkstücken bestehender Rücken oder Oberfläche dem zur Schifffahrt erforderlichen Canalwasser gleich steht, an andern Stellen aber und vorzüglich in den Wänden der Brückwasserleitung, Grundablässe, und lasse diese Schütze aus Balkenwänden, wie am Canal von Orléans bestehen. Die Balken mögen in die zwo Mauerfalze eingelegt oder gegen einen Ständer, wie beym Landshuter-Wehr (Tab. 101.) angelehnt werden.

§. 6. Die Erfindung, das Hochwasser der Canäle zu einer gewissen Höhe durch heberförmige Ablässe zu erhalten und das Ueberflüssige ohne Zuthun des Canalwärters bey Zeiten abzulassen, (siehe Tab. 80. Fig. *a. b. c.* und *d.*) ist äusserst nützlich. Solche Ablässe sind, meines Wissens, zuerst an dem mittäglichen Canal, von dem dabey angestellten Ingenieur *Garrypui* angelegt. Einer dieser Ablässe ist im Jahre 1776 unweit *Capestang* und der andere zwey Jahre später bey *Fentenac* (s. auf Tab. 97. die zweite Fortsetzung der Karte des Kanals) erbauet worden. Jeder Ablaſs hat zwey Sauge-Oeffnungen *a*, (Fig. IV. *a* und *c* Tab. 80. von 6 Schuh Länge und 18 Zoll Höhe, welche 2 Schuh oberhalb der Canal-Sohle anfangen und über ein 12′ tiefer liegendes massives Sturzbett *c* (Fig. *d.*), von welchem ab das Wasser in einen Graben läuft, endigen. Dieses Ablasses vordere Mauern (Fig. *c.*) sind canalwärts, bey *m*, *m*, abgerundet, damit das durch die Oeffnungen *a*, *a* strömende Wasser an der Canalwand nicht Auswühlungen verursacht. Da der untere Theil der Heberbiegung *b* mit dem zur schiffbaren Höhe stehenden Canal wagerecht liegt, so sieht man, daſs sich der gewöhnliche Stand des Wassers im Canal 18 Zoll erheben muſs, um die obere Heberkrümmung bey *b* zu erreichen, Anfangs vermittelst des hydrostatischen Drucks den ganzen Heber anzufüllen und dann, mittelst des Druckes der Luft, die Wirkung der gewöhnlichen Heber hervor zu bringen; denn ehe der Canal diese Wasserhöhe erreicht hat, (das ist, die Decke des höchsten Punctes vom Heber) führt dessen Spiel wenig Wasser ab. Begreiflich würde der ins Spiel gebrachte Heber nicht eher aufhören, das Wasser des Canals abzuführen, bis dasselbe zwey Schuh über die Canalsohle, das ist, bis zu den Saugöffnungen *a a* gefallen ist. Man hat daher, zur Ersparung des unnöthigen Wasserverlustes und zur steten Erhaltung des Canals bey schiffbarer Höhe, ein sechs Zoll im Quadrat groſs seyendes *Luftloch k* Fig. IV. *a* und *c*, folglich an jedem Ablasse *zwey*; von denselben ab, einen Stollen mit dem Heber in Verbindung gebracht, nämlich 18 Zoll unter dem ordinären Wasserstande des Canals. So wie nun das Wasser unter diese Luftlöcher *k k* gefallen ist, tritt die Luft hinein und das Spiel des Hebers ist unterbrochen; steigt es aber über dieselben, so beginnt das Spiel des Hebers von Neuem. Werden sie verschlossen, dann kann der Canal bis zwey Schuh über dessen Sohle abgelassen werden, folglich wirkt sodann der Heber wie ein Grundablaſs. Bey dürrer Jahreszeit, wo der Canal kein Wasser zu verlieren hat, werden die zwey Oeffnun-

gen *a a* mittelst in der Mauer eingesteckter Schütze verschlossen. Diese Werke sind, wie die citirten richtigen Zeichnungen zeigen, mit Verstand und Sachkenntnifs construirt. Ja, an solchen Constructionen erkennt man gleich den geübten Praktiker, welcher auf alle Umstände sorgfältig achtet, d. i., hier sowohl die Festigkeit des Werkes als dessen Zweck in Ausführung bringt, mithin auch die Steine so zu legen versteht, dafs das Ganze von Dauer sey. Sie vereinigen also die Wirkungen, welche man mit den gewöhnlichen Grundablässen und mit den oberflächlichen Ablässen hervor bringt, sind daher bey allen ähnlichen Fällen, neben Mühlen und andern Maschinen, mit Nutzen anzuwenden; vorzüglich wenn man den Heber von Eisen giefsen läfst, so dafs also wenig Reparaturen statt finden, die allerdings bey diesen so gemauerten Werken unbequem sind.

§. 7. Grofse *seitenablässe*, die zugleich *Grundablässe* bilden, sind vorzüglich wegen des Schnee- und Regenwassers so wie zur Abführung des Eises und der Schneeklumpen, und endlich zur Spühlung des Canals von dem auf seiner Sohle liegenden und das Fahrwasser seicht machenden Materiale, bey *langen canalhaltungen*, nothwendig; ja! der Ingenieur sollte ihre Anlage niemals verabsäumen, wenn er die Durchbrüche der Canaldämme verhüten will: Durchbrüche, die an den besten Canälen, selbst an dem Mittäglichen-Canal ehemals vorgefallen sind. Nur kleine Oeffnungen enthaltende Seitenabläfse können vom Eis und Schnee, auch wohl von den auf den Canaldämmen oder Ufern stehenden Bäumen, abgefallenem Holz und Laub verstopft werden; man mufs daher den Ablässen öfters eine bedeutende Weite geben. Soll ein Grundablafs eine Oeffnung von 16 bis 32 Schuh oder mehrere grofse Oeffnungen erhalten: so mufs derselbe, wie gesagt, diejenige Einrichtung mit beweglichen Balken bekommen, welche ich beym Landshuter-Wehr angewendet, im 2ten Bande S. 629 und 630. beschrieben, und auf Tab. 102. deutlich dargestellt habe, weil das Aufziehen so grofser Schützen, wegen dem in den Seiten-Nuthen oder Falzen sich ansetzenden Material, äufserst beschwerlich ist und selbst mit den S. 472. des 2ten Bandes beschriebenen Vorrichtungen nur langsam von Statten geht. Die massiven Seitenwände mögen eine Dicke von acht Schuh erhalten, auf einem Pfahl- oder Schwellroste, je nach der Beschaffenheit des Bodens aufgeführt werden, und zwischen sich ein solches bedieltes Sturzbett, wie das Landshuter-Wehr (s. 2ten B S. 641. und Fig. XIII. Tab. 102.) erhalten hat, welches über den Canaldamm hinaus vier und zwanzig Schuh zu verlängern ist, damit keine Grundwühlungen am Dammfufse entstehen, die einen Dammbruch verursachen können. Kleinere Oeffnungen der Grunddurchlässe mögen mit aus Eisenblech zu machenden Deck-Fallen oder Schützen, die ohne eine menschliche Hülfe den Wasserstand des Canals reguliren (2ter Band. S. 650. und Tab. 89. Fig. 30.) mit Drehthoren (2ter Band S. 662 bis 664.) oder mit Ziehschützen und Zapfen (Tab. 89. Fig. 7. 8. 36. 37 u. 41; Tab. 80. Fig. II; Tab. 100. Fig. 10. 11 und 15. siehe auch 2ten B. S. 658.) versehen werden. Von der letztern

Gattung habe ich einige ausgeführte Ablässe in den Kupfern dieses Werkes dargestellt: nämlich den Grundablaſs von Patiasse Tab. 76. Fig. 6. 7. 8., andere wie Fig. 10 und 11. Tab. 76. und die Grundablässe am Canal von Bourgogne Tab. 80. Fig. VII. Groſse Aufziehschütze werden so gehalten und herab gelassen, wie es im 2ten B. S. 661 und 662. beschrieben ist. Aber nicht allein Grundablässe sind bey langen Canalhaltungen sehr nützlich; sondern auch die Umläufe um die Schleusen Fig. 5. Tab. 81. welche man mit Grundablässen versieht, und endlich die *Ueberfälle* (2. B. S. 600. u. s. w.) deren Sattel dem zur Schifffahrt dienenden Wasserstande gleich liegt, und die man mit den erstern verbindet. Je nachdem der Boden beschaffen, die Fallhöhe groſs ist, und die Materialien vorhanden sind, werden solche Ueberfälle aus Faschinen, Balkenwänden, Mauern, Gewölben oder Fachwerken gemacht, und ich verweise ihrer Construction, Form und Lage wegen, auf die von der Anlage und dem Bau der Wehre im 2. Bande S. 599 bis 615. vorgetragene Materie. Nie werde ich aber anrathen, dieselben bloſs in den Erddämmen oder Erdufern des Canals einzuschneiden. Ist man genöthigt, das ausgeleitete Wasser unterirdisch fortzuführen, so kann der Ueberfall eine runde Form und im Innern einen Schacht, von dem der Stollen abgeht, erhalten, wie dies Fig. 40 und 41. Tab. 94. deutlich zeigen.

Es mögen nun Grundablässe *) (oder weil Gewitterregen einen Durchbruch des Canaldammes verursachen können) Ueberfallwehre in den Ufern oder Dämmen angelegt werden: **) so muſs stets bey der Bestimmung ihrer Zahl und Weite auf die abzuführende Wassermenge, die anzunehmende Geschwindigkeit und auf die Wahl des Orts, wo man sie anzubringen hat, Rücksicht genommen werden, damit die Nebengräben oder Bäche, die das dadurch oder darüber gestürzte Wasser aufnehmen und abführen sollen, nicht eine für ihre Uferlande schädliche Wassermasse aufnehmen dürfen. In dieser Hinsicht müssen dieselben vorzugsweise in den Wänden der über bedeutende Flüsse gehenden Brückwasserleitungen angelegt und in einer langen Canalhaltung, je nach der Beschaffenheit der in den Canalgegenden flieſsenden Gewässer, an mehrern Stellen vertheilt werden. Allemal müssen aber ihre vordern zwey Wände so weit in das Canal-Ufer oder in den Canaldamm hineingehen, und mit einer Pfahlreihe endigen, damit die Unterwühlung des Canalufers verhindert werde. Um die Schiffe von dem Ueberfalle der Durchlässe abzuhalten und den Zug

2 *

*) Man könnte die Grundablässe, zur Ersparung des Mauerwerks, auch in der Seitenmauer einer Schleusenkammer anlegen, wenn nicht, bey ihrem Spiel, die Schifffahrt gehindert würde.

**) Da die in den Canalufern oder Canaldämmen anzubringenden Ueberfälle vorzüglich der Gewitterregen wegen nothwendig sind, weil man bey denselben nicht eilig genug die Grundablässe öffnen kann: so könnte daher zu diesem Behuf, in den Grundablässen solche gegeneinander stemmende zwey Paar Thore angelegt werden, wie bey den Spühlschleusen von Gouda und Schiedam (2. B. S. 108.) angewendet sind, und die sich durch den Wasserdruck öffnen.

des Wassers nach solchen Seitenablässen zu verstärken, gebe man davor dem Canal eine doppelte oder dreyfache Breite um ihr Mauerwerk gegen das Anstossen der Schiffe zu schützen und diese, während dem Ueberstnrz oder der Durchströmung des Wassers von der Ueberfall- und Grundablafs-Oeffnung abzuhalten, wird vor demselben eine mit einer Holbe zu bedeckende aus Eichen-, Kiefern- oder Lerchenholz bestehende Pfahlreihe eingerammt. Ueber solche Ueberfälle und Durchlässe lege man, je nach dem Bedürfnifs, Brücken oder Stege an: hölzerne, eiserne oder steinerne.

Was endlich die Construction derer in Flüssen der Canalfahrt wegen anzulegenden Ueberfälle und Wehre anbetrifft, so glaube ich auf den 2ten B. S. 607 — 609. verweisen zu können.

b) *Von dem Durchleiten des Wassers unter den Canälen* Tab. 80.

§. 8. *Die unterirdischen Wasserdurchlässe* oder *Durchlässe* (Aqueducs) kommen beym Canalbau häufig vor, weil die meisten Berg- Schnee- und fliefsenden Gewässer unter den Canälen durch — und dann seitwärts geführt werden müssen, um die Canäle nicht mit Materiale anzuhäufen, welches darin eintritt, wenn man die Berg- und Feldwässer darin einläfst, um dieselben bey heftigen Regengüssen nicht mit zu vielem Wasser zu überladen. Diese Durchlässe steigen zuweilen in Form eines Hebers an der einen Seite unterhalb der Canalsohle hinab, und an der andern wieder hinauf. S. Tab. 80. Fig. V., nämlich wenn ihrer Sohle nicht ein solches Gefäll gegeben werden kann, dafs ihre Gewölbe oder ihre Decke nicht so stark wird, als zur Verhütung der Filtration des Canalwassers nothwendig ist, und wenn überhaupt ihre Decke den regelmäfsigen Abhang des Canalbettes unterbrechen würde. In allen diesen Fällen wird der Ingenieur solche Heberartige-Durchlässe anlegen. Zuweilen werden zwey gewölbte Durchgänge nebeneinander gelegt, wie diefs Fig. VIII. Tab. 80. zeigt.

§. 9. Bey der Anlage der Durchlässe sind folgende Grundsätze zu befolgen: 1) dem Bau eines Durchlasses mufs eine Geradeleitung des Grabens, der das Wasser zu ihm hinführt, vorangehen. 2) Die Sohle des unter dem Canalbett liegenden Theils vom Durchlasse mufs niemals höher, wohl aber tiefer als bis zum regulirten hydrotechnischen Abhang (I. B. S. 20.) des Wassergrabens oder des Baches, den der Durchlafs abführen soll, gelegt werden. 3) Dessen Queerprofil sey zur Abführung der von demselben aufzunehmenden höchsten Feld- und Bergwässer grofs genug. 4) Die innere Höhe und Weite des Durchlasses sey wenigstens so grofs, dafs der Canal nicht da, wo der Durchlafs liegt, durch seine Sohle und dann seitwärts aus dem Durchlasse ausbreche. Ein Fall, der bey dem Oestreichischen-Canal unweit Wien, wo man diese Regel nicht befolgt hatte, eintrat. 5) In gleicher Absicht müssen die Seiten von gemauerten Durchlässen dick genug seyn, und der ganze Körper mit Cementmörtel aufgeführt werden, auch das obere Gewölbe drey Ziegel-Längen dick, von Bruchsteinen,

wenigstens eine vierschuhige Dicke, da wo es die Sohle des Canals zuläfst, aber noch einen Gurt, der einen Schuh und höher über dem übrigen Theil hervorsteht, erhalten. 6) Wenn der Durchlafs zur Ableitung der gröfsten Gewässer hinreichend grofs gemacht wird, so bleibt ein Theil öfters vom Wasser unbedeckt. Je nachdem der Cement oder Betonmörtel gut ist, kann man diese Dicke verringern. Es versprechen daher hölzerne Durchlässe keine lange Dauer. Da ferner die Einlegung eines neuen Durchlasses sehr kostbar ist, und die Abfassung oder Abdämmung der Canalhaltung erheischt, auch die Canalfahrt stört: so wird die Anlegung steinerner oder *eiserner Röhren - Durchlässe* fast zur Nothwendigkeit; diese letzten sind jedoch, meines Wissens, bis jetzt nicht angewendet worden, gleichwohl werden dieselben nicht nur vollkommen dauerhaft seyn, sondern auch allen Bedingungen entsprechen. 7) Der Durchschnitt aller von Ziegel oder Werkstücken gemauerten Durchlässe sollte eine Elypse formiren, d. i. unten ein verkehrtes Gewölbe erhalten, weil auf diesem so geformten Boden das Bachmateriale sich nicht ansetzt, und der Widerstand des obern Gewölbes dadurch verstärkt wird. Welche Form man ihnen indessen von Mauerwerk geben möge, so können sie doch eben so haltbar von Ziegeln, als von Bruchsteinen und Werkstücken angelegt werden. 8) Grofse Durchlässe müssen an beyden Seiten Flügel, am obern Ende ein Behältnifs oder Schacht, worin sich das von dem Graben oder Bach mitgeführte Material sammelt, und wodurch der zu starke Fall des Durchlasses, unter dem Canale, vermieden würde, erhalten; endlich auf einem sicheren Fundamente ruhen. 9) Kleine Durchlässe und vorzüglich solche, die wegen der Lage der Canalsohle eine geringe Dicke erhalten, sollten stets aus eisernen Röhren bestehen, und wenn man auch mehrere Röhren, nach Art der Wasserleitungsröhren, von dem Sammelkasten oder dem Schachte ausgehen läfst. Solche Wasserleitungsröhren erhalten gewöhnlich an jedem Ende ein Blatt, wodurch zwey Schraubenöffnungen gehen, und so werden dann zwo Röhrenstücke mittelst den zwo Blättern und zwo Schrauben aneinander gepreſst. Auf diese Weise habe ich die Röhrenleitung bey *Marly* an der Seine gefunden, und so sind auch in Deutschland die meisten eisernen Röhren aneinander gesetzt. Besser und weniger kostbar würde es aber seyn, wenn man die Enden der Röhren nach Zacken ausschnitte, und eine Zacke der einen Röhre in dem Zwischenraume zweyer Zacken der daranstofsenden Röhre einschöbe. 10) Oefters sieht man sich genöthigt, die Leitgräben eines Canals unter das Bett der Entwässerungs-Canäle des Landes, mittelst Röhren oder gemauerten Durchlässen zu führen. In diesem Falle mufs der Durchlafs den zur Entwässerung nothwendigen Abhang des Entwässerungs - Canals nicht unterbrechen. Das Gegentheil dieses wichtigen Grundsatzes habe ich im Venetianischen angetroffen: so ist der unbedeutende Graben *Papafava* ohnweit Borgo-Forte am linken Ufer der Etsch (Tab. II.) durch den Entwässerungs-Canal *Gorzon* mittelst eines gemauerten Durchlasses geführt, der den Gorzon einige Schuhe aufstauet. Er ist sonach eine Mitursache, dafs die Gegenden zwischen

Merlara und Carmignano morastig sind. Ohnweit Arcole geht unter dem Alpon ein Durchlaſs, der den Abzugs-Canal für die veronesischen Sümpfe machen könnte, wenn er nicht zu hoch läge, und gleich oberhalb Alberedo in der Nähe des Etschflusses tiefer unter dem Alpon versetzt würde, wo man alsdann einen Arm des Grabens unterhalb Alberedo in den Etschfluſs und den andern in die Fosetta und von da in den Fratta führen sollte. Ueberhaupt giebt es wohl in keinem Lande so viele Wasserdurchlässe auf einem Bezirke von wenigen Quadratmeilen, als zwischen den Lagunen, der Etsch und dem Torrente di Gua, die aber gröſstentheils zu hoch liegen, sehr nachtheilig sind, und worüber ich bereits im I. Bande Seite 320 u. s. w. meine Ansichten vorgetragen habe. 11) Hölzerne Durchlässe werden aus vier bis sechs zölligen eichenen Planken zusammengesetzt, calfatert und gut getheert, oder sie werden aus zwey Schuh dicken Bäumen gemacht, die man spaltet, sechs bis acht Zoll jede Hälfte aushöhlt, und dann mittelst eisernen Ringen oder hölzernen Zwingen zusammenpreſst und erhält, oder man legt sie wie die Siehle Tab. 89. Fig. 73. und 74. an.

§. 10. Die merkwürdigsten massiven Durchlässe werden am Mittäglichen-Canal angetroffen. Dazu gehören die von *St. Aigne*, *Mesuran* und *Quarante* (man sehe dieselben auf der Karte Tab. 97.). Der erstere Tab. 80. Fig. V. *a*. und V. *b*., dessen Weite 7½ Fuſs und dessen Höhe 5 Fuſs beträgt, führt 3½ Stunden oberhalb Toulouse von dem Dorfe St. Aigne, nach welchem der Durchlaſs benannt ist, einen kleinen Bach unter den Canal durch, in den Lersfluſs. Wie derselbe construirt, und mit Thonerde in der Mitte 2 Fuſs, und auf den Seiten 9 bis 14 Schuh bedeckt irt, zeigen die angezogenen Figuren. Daraus sieht man, daſs dieser Durchlaſs heberartig angelegt ist, und wiewohl man dessen Verschlämmung befürchten sollte, so hat doch das dadurch flieſsende Wasser eine zur Durchführung des Schlammes und Sandes hinreichende Geschwindigkeit. Bey dem Canal von Este im Venetianishhen habe ich einen solchen heberartigen aus Ziegel gemauerten Durchlaſs angetroffen, der den Graben Rivella (scolo Rivella) unter dem Canal durchführt. S. Tab. H. Bey dem Canal Bataglia hingegen ist ein nach einer Neigung fallender Durchlaſs angebracht. Ein anderer merkwürdig gemauerte Durchlaſs ist der fünf Schuh im Lichten hohe und doppelt so weite Durchlaſs von Mesuran Tab. 99. Fig. 5. bis 9.; er liegt in der Nähe des Treboul-Baches (Tab. 97.) unterhalb Castelnaudary, unweit Villepint; dessen ein Schlammbehältniſs bildender Einlaſs-Schacht ist in *d f g r* angebracht. Daraus läuft das Wasser in den Durchlaſs *t*, dessen Sohle ein verkehrtes Gewölbe macht, und dessen 3½ Schuh dickes Deckgewölbe mit einer Cementlage bedeckt ist. In der linken zugleich den Canaldamm formirenden Seitenmauer befinden sich zwo Grundschütze *m n*, zur Reinigung und Spühlung der Canalhaltung von Villepint, wodurch das Wasser in den Schacht *h i k l* fällt, und dann, vereinigt mit dem von den Durchlaſs abgeführten Wasser, in den Fresquel-Bach flieſst. Das Detail der Construction kann

füglich übergangen werden, weil es in den Zeichnungen sichtbar wird, worin auch die Brücke *o o* angedeutet ist.

§. 11. Von den Durchlässen mit zwo Gewölben giebt der acht Stunden oberhalb Beziers den Quarantebach unter den Mittäglichen-Canal (Tab. 97.) führende Durchlafs, von Quarante Tab. 80. Fig. VIII. *a b c d e* und *f* ein treffliches Beispiel. Jede der zwo Oeffnungen ist 10 Fufs weit und 6 Fufs hoch. Die Dicke des Gewölbes beträgt 4 Schuh. Am Eingange liegt eine Fallmauer und ein Schlammbehältnifs. In der entgegen gesetzten Seite ist ein fünf Schuh breites, zur Auslassung des Canalwassers dienendes mit einer hölzernen Schraube aufzuziehendes Grundschütz angebracht. Die Construktion des Mauerwerks ist vortrefflich, und in den angezogenen Figuren ohne weitere Erklärung zu erkennen.

§. 11. Ein Durchlafs, durch welchen ein kleiner Canal unter dem Bette eines grofsen Canals geht, und der zugleich das für die Uferlande schädliche Wasser abführt, sollte man aus einem Cirkelgewölbe (S. Tab. 102., dem Pfeiler des Landshuter-Wehres ähnlich) construiren, weil die Form sehr dauerhaft ist, die Festsetzung von Schlamm und Sand auf der Sohle des Durchlasses hindert, und die Passage des Schiffes erleichtert.

e) Von den Brück-Canälen oder Brück-Wasserleitungen zum Behufe der Schifffahrt.

§. 12. Ein den Canal formirendes und über einen Flufs hingehendes Gerinne, das man Brück-Canal oder Brück-Wasserleitung (pont-canal ou pont-aqueduc) nennt, mufs der Ingenieur dergestalt anlegen, 1) dafs derselbe das höchste Wasser des darunter fliefsenden Stromes, ohne den obern Gegenden Ueberschwemmungen zu verursachen, durchläfst. Kann man also dieses selbst mit einem geradlinigten Gewölbe oder mit einer horizontal gelegten Sohle nicht erreichen, so mufs man den Canal weiter Flufsabwärts (des zu übersetzenden Flusses) verlegen, um mit dem gröfsern Gefälle eine gröfsere relative Höhe (in Beziehung auf die Höhe des Flusses Hochgewässers), für den Brück-Canal zu gewinnen. Zu diesem Mittel mufs man sich lieber, als zu der Aufdämmung des Flusses oder zur Vereinigung desselben mit dem Canal entschliefsen. Da, wo der untere Theil des Brück-Canals horizontal gelegt werden mufs, um mit dem Horizont der Canalsohle über den Flufs zu gehen, ist ein hölzernes oder eisernes Hängewerk nothwendig, weil ein steinernes Werk einen Bogen oder mehrere Bögen, so flach dieselben auch seyn mögen, erfordern.

Zweytens: Müssen massive Brück-Canäle kein Wasser durchseigen lassen, weil sonst der Frost ihre Mauern sprengt. Sie sind daher mit gut gebrannten Ziegeln, oder mit Werk- und Bruchsteinen, mit Cement, auszuführen und mit einem einen Schuh hohen Thonlager oder Beton zu bedecken. Auch müssen defswegen die Gewölbschenkel vollkommen mit einem mit Cementmörtel aufgeführten Gemäuer und dann mit Töpferthon ausgefüllt werden. Wo möglich mag das Gerinne des massiven

Brück-Canals aus großen Werkstück-Platten bestehn, die man ineinander fügt, und wobey überdies die Fugen mit wasserdichtem Kitt zu bestreichen sind, wovon ich die Composition im zweiten Bande angegeben habe.

Drittens: Die Breite der Brück-Canäle im Lichten ist hinreichend, wenn *ein* Schiff dadurch bequem gehen kann, und auf der Seite ein sechs Schuh breiter und erhöheter Ziehweg ist; zuweilen vergrösert man diesen letztern zu einer wirklichen Chaussee, wie bey dem über den Fresquel bey Carcassone gehenden Brück-Canal des *Mittäglichen* Canals geschehen ist.

Viertens: Hölzerne Brück-Canäle müssen calfatert und so stark seyn, daſs sie sich nicht durchbiegen, folglich von Balken, und, der Dauer wegen, von Eichen- oder Lerchenholz gemacht werden.

Fünftens: Eiserne Brück-Canäle sollten mit einem Oelfirniſs gegen das Verkalchen gesichert seyn.

Sechstens: Da es zur Abführung des Schnee- Eis- und Regenwassers aus dem Canal kein günstigeres Lokal giebt, als die Wände der Brück-Canäle, weil das Wasser unmittelbar in den darunter strömenden Fluſs stürzt, so müssen, wie gesagt, in ihren Wänden Grund- oder Oberflächliche-Ablässe angebracht werden. Jeder Brück-Canal sollte also in seinen Wänden, Schutzöffnungen, Drehthore, Drehschütze oder bewegliche Balkenlager, zur Ableitung des den Canälen nachtheiligen Wassers, oder in seiner Sohle, ein eisernes Fallschütz haben. Da, wo aber solche Grundablässe nicht angelegt werden können, muſs man in der Nähe des Brück-Canals ein Ueberfallwehr in dem Canaldamm errichten, wie mit dem besten Erfolge bey dem Brück-Canal über dem Wildbach Repudre Tab. 82. (am Mittäglichen-Canal) ausgeführt ist. In dieser Hinsicht und wegen des darunter durchgehenden Flusses muſs man ihr Fundament, so wie ihre Widerlager dauerhaft machen, und der Lauf des Flusses in ihrer Nähe rectificirt seyn, damit derselbe keinen schädlichen Angriff darauf ausüben möge. Dieserwegen sind auch seine Oeffnungen, *d. i. die* Entfernung seiner Pfeiler oder Joche, so groſs als möglich *zu machen*. Endlich sollten in den Anfang- und Ende-Mauern eines Brück-Canals Balken-Falze gemacht werden, und zwar in jeder Wand, damit darin eine Abdämmung eingelegt werden könne, um an dem Brück-Canal die nöthigen Ausbesserungen, ohne die ganze Canalhaltung, worin er liegt trocken legen zu dürfen, bewerkstelligen zu können.

§. 13. In Frankreich sind die bekanntesten massiven Brück-Canäle, die den Mittäglichen Canal über den Orviel- Cesse- Fresquel- und Repudre-Fluſs (Tab. 82.) leiten. Die Breite im Lichten des ohnweit Trebes über den *Orviel*-Fluſs gehenden massiven Brück-Canals beträgt an der Wasserfläche 36 Fuſs, am Boden 24. Jeder der drey Bögen miſst 36, und jeder Pfeiler 6 Schuh. Die Dicke des Bogens beym Schluſsstein beträgt 6 Fuſs. Dieses Werk besteht aus Bruchsteinen und Werkstücken.

Der über den Flufs *Cesse* von Vauban angelegte Brück-Canal (Tab. 82.) machte das in dem Flusse (1684) gelegene 672 Schuh lange bogenförmige Ueberfallwehr unnöthig; befreyte einen Theil des Canals von Anschwellungen und der Versandung, die dieser Flufs häufig verursachte. Die Massen und die Construction des Baues sind aus der Zeichnung zu erkennen.

§. 14. Die im Mittäglichen-Canal liegende Brückwasserleitung von *Repudre* (Tab. 82.) welche über den Wildbach gleiches Namens geht, und die Brück-Canäle von Touare und Marseillette sind die einzigen Durchlässe, welche anfänglich beym Mittäglichen-Canal angelegt waren. Der erste ist 78' breit, und mit seinen Flügeln 408 Schuh lang. Dessen Bogen hat eine Breite von 30, und eine Höhe von 12 Fufs. Derselbe sperret das Thal bis auf die Bogenweite und hat auf der einen Seite einen soliden Ueberlafs, um der Canalhaltung das ihr schädliche Wasser zu nehmen, welcher dieser Brückwasserleitung einen wesentlichen Vorzug vor den übrigen der an diesem Canal angelegten Werken der Art giebt. Die über den Flufs ohnweit Carcassone gemachte Canal-Leitung ist dieser ähnlich.

§. 15. Unter den bis jetzt bekannten Brückcanälen würden diejenigen, welche *Perronet* über den Armance-Flufs bey St. Florentin und über den Flufs Avrol (Tab. 98.) bey dem Canal von Bourgogne anlegen wollte, die geschmackvollsten gewesen seyn, wenn sie vollständig ausgeführt worden wären. Der erstere hat drey Bogen, jeden zu 30 Fufs Oeffnung, deren Halbmesser gleich dieser Weite ist. Die zwo Pfeiler haben 6, die Widerlager 12 Fufs zur Dicke, welche letztere 30 Fufs in die Canaldämme verlängert sind. Die innere Weite des Brückcanals sollte 16 Fufs betragen, welches für ein Schiff zum Durchgehen hinreichend ist. Die Grundpfähle des Fundaments haben eine Länge von 15 Fufs und eine Stärke von 10 Zoll.

Der zweyte Brückcanal ist, wie gesagt, zur Wasserstrafse über den Avrol-Flufs bestimmt. Tab. 82. zeigt dessen Fundirung, so wie die innere Construction dieses Werkes. Die Bogenweite beträgt 24 Schuh. Er sollte 37000 fl. kosten; jetzt würde man ihn nicht für 45000 fl. erbauen, denn auch in Frankreich sind die Fuhr- und Taglöhne, so wie die Preise der Baumaterialien, in den neuesten Zeiten sehr gestiegen.

§. 16. Da, wo die Lage der Canalsohle in einem so geringen Abstande von dem höchsten Wasserstande desjenigen Flusses, über welchen ein Brückcanal angelegt werden soll, ist, dafs diesem ein Bogen nicht mehr gegeben werden kann, mufs das Wasser in ein hölzernes oder eisernes Gerinne geleitet werden. In England, woselbst das Eisen zu sehr geringem Preise steht, hat man den Boden einiger Brückcanäle mit grofsen eisernen Platten bedeckt. Bey uns wird man genöthigt seyn, wo keine Bögen anzubringen sind, hölzerne von Hängewerk zu tragende Brückcanäle anzulegen. Die Sohle derselben, so wie die Seitenwände müssen aus 10zölligen Balken bestehen, deren Fugen kalfatert, und die mit einem aus Pech und Oel gekochtem Anstrich versehen werden.

Ich habe auf Tab. 99. Fig. XXI. bis XXIII. einen hölzernen aus Hängewerk bestehenden Brückcanal entworfen, wobey die Pfeiler oder Joche soviel als möglich zu vermeiden sind; dessen Construction ist aus der Zeichnung zu entnehmen. Auch meine Construction der eisernen und hölzernen Bogenbrücken kann zu den Brückcanälen angewendet werden. Wo das Gefäll des Canals es nicht gestattet, dafs die Sohle des Brückcanals über den Bogen gelegt werde, da kann man zwo Seitenbögen als ein Hängewerk anwenden, und die Absicht vollkommen erreichen. Wer die Brückenbaukunde dieses Werkes studiert, wird einen solchen Brückcanal von Holz, Eisen oder Steinen ohne Schwierigkeit entwerfen. Was das Hängewerk (Fig. XXI. Tab. 99.) leistet, werden zwey Seitenbögen leisten. Sie werden nämlich die Hängesäulen tragen, an denen der Boden des Brückcanals befestigt wird.

Endlich mufs ich bemerken, dafs es sich treffen könnte, zwischen einem Schifffahrts-Canal und dem Flusse eine Wasserleitung zur Treibung von Maschinen zu führen, so dafs man drey Wässer über einander zu leiten hätte. In diesem Falle wird man die Leitung auf steinerne oder eiserne Bögen oder hölzerne Unterlager, die von den Pfeilern des Brückcanals getragen werden, legen können; die für den Canal bestimmte Leitung ist die oberste, für die Maschinen dient die zweyte, und unten mag der Flufs in der Queere von beyden durchgehen.

d) Von den zuführungs- oder Leitgräben, welche in den canälen das speisewasser fördern.

§. 17. Die Speisecanäle oder Leitgräben (Rigoles ou Canaux de dérivation) müssen so hoch über den Canal, und so weit von demselben, als die Auffangung der zur Speisung einer gewissen Canalsstrecke hinreichenden Wassermasse erfordert, geführt werden, und die ihnen nahe seyenden Bäche und das in dem Bassin gesammelte Wasser aufnehmen. Zuweilen wird der Ingenieur das Wasser der Bäche ohnweit ihrem Ursprunge mit Dämmen auffangen, und einen andern, den Richtungen der Bäche entgegengesetzten Weg (mittelst der Rigole) führen; wie dies mit der Bergrigole des Mittäglichen-Canals geschehen ist. Ihre Breite betrage 6 bis 24 Fufs, ihre Tiefe 3 bis 6 Schuh; und um ihre Versandung zu hindern, vermehre man lieber die Tiefe als Breite, gebe ihrer Sohle aber einen regelmäfsigen hydrometrischen Abhang, (1. B. S. 20.) um die möglichst gröfste Geschwindigkeit hervorzubringen. Nur in dem Falle, wenn diese drey Schuh in der Secunde übersteigt, folglich die Ufer angreift, und viel Material in die untern Gegenden herabgeführt würde, mag man die Breite vergröfsern, und, wenn es nöthig ist, in dem Bette des Leitgrabens Wasserstauungen (Wehre) anlegen, die man bey Betreibung von Maschinen benutzen kann. Dem Leitgraben ist so viel als möglich ein wasserhaltendes Bett und feste Ufer zu geben, um den Zuflufs in den Canal zu sichern; defswegen ist es nothwendig, ihre Sohle da, wo sie über ein kiesigtes und sandiges Bett geführt wird, an-

fänglich mit trübem Material anzuschwemmen, weſshalb die ursprüngliche Tiefe zu vergröſsern ist, oder man muſs dieselbe, so wie die Seitenwände, aus einem hölzernen Gerinne bestehen lassen; diese Sohle kann auch aus Balken gemacht und über hölzerne Joche gelegt werden. Den Winter über, mag man dasselbe bedecken, um das Zufrieren des Wassers zu verhindern. Die Fugen der Wände und Sohle mag man mit Moos auslegen, oder ordentlich calfatern, damit sie kein Wasser durchlassen, und dann alles Holzwerk mit warmem Schiffstheer zweymal bestreichen.

§. 18. Damit die Ufer der Leitgräben nicht durchbrechen, lege man darin, wo es nöthig ist, Ueberfallwehre und Grundablässe an, um die hohen Gewässer seitwärts abzuführen, ehe sie in den Schifffahrts-Canal eintreten, damit dieselben dem Canal weder Schlamm noch Sand zuführen, und denselben nicht zu hoch anschwellen. Diese Hochgewässer mögen dann, wenn die Natur des Locals es erfordert, über oder unter den Canal und so weiter in den nächsten Fluſs geführt werden.

§. 19. Ist die Sohle des Leitgrabens auf eine künstliche Art wasserdicht gemacht, besteht sie aus Thon und fetter Erde, oder ist dieselbe hinreichend mit trübem Material bedeckt, so führe man solche Bäche, die den Leitgraben verschlämmen würden, in Brückwasserleitungen über denselben, wie mit dem von St. Felix kommenden Bache bey der Rigole des Mittäglichen - Canals geschehen ist. Diese Maaſsregel wird dann je nach dem Erforderniſs eingerichtet werden; während das Wasser solcher Bäche von Schlamm und Sand frey ist, kann dasselbe mittelst Grundablässen oder durch die in der Sohle des Brückcanals angebrachten Zapfen - Oeffnungen und Deckschützen ausgelassen, in den Leitgraben einstürzen, und dann dem Schifffahrts-Canal zugeführt werden (Tab. 97.).

§. 20. Der sämmtliche Abhang eines Leitgrabens ist auf dessen Länge gleichförmig zu vertheilen, damit eine gleichförmige Geschwindigkeit entstehet; welches Verhältniſs aber zwischen dem Abhange und der Länge das beste oder auch das geringste seyn müsse, darüber läſst sich für die Praxis keine Regel festsetzen; denn man muſs denjenigen Abhang nehmen und benutzen, den die Beschaffenheit des Locals zuläſst. Ich will auſser denen im zweyten Bande S. 244 über die Neigung der Leitgräben angeführten Beispiele hier noch einige als Erfahrungssätze beybringen. Bey dem Leitgraben St. privè des Canals von Briare verhält sich der Fall zur Länge wie 1 : 12411. In dem durch das Darmstädtische gehenden Landgraben verhält sich der Abhang zur Länge wie 1 : 2623 und die Geschwindigkeit betrug im letztern 6″ 6‴ *). Bey der Leitung von Arcueil verhält sich die Länge zum Fall wie 2400 : 1. Bey der von Roquencourt wie 3600 : 1. Dem Leitgraben des Canals von Charollois hat Gauthey einen Schuh Fall auf die Länge von 3600 Schuh gegeben. Nach *Belidor*

3 *

*) Die geringe Geschwindigkeit bey dieser Neigung entspringt aber wohl aus dem schlammigten Boden, worüber das Wasser flieſst, welcher eine starke Adhäsion auf das Wasser ausübt.

L. 4. C. 7, verhält sich bey den Rigolen des Mittäglichen-Canals die Länge zur Neigung wie 900 : 1 bis 800 : 1. Gewifs ist dieser Fall zu grofs angegeben, denn die Geschwindigkeit beträgt, wie nach *Andreossy* anzunehmen ist, nur $2\frac{3}{10}$ Fufs in der Sekunde, so dafs die Neigung um die Hälfte zu grofs angenommen seyn dürfte.

Die das Trinkwasser aus dem Flufs Kew nach London führende offene Wasserleitung, deren Breite 12 bis 15, deren Tiefe $2\frac{1}{2}$ Schuh, und deren Länge 33866 Klafter beträgt, hat in der Nähe von London 9 Zoll Geschwindigkeit. Ihr Fall verhält sich zur Länge wie 1 : 14513. Sie giebt im Mittel 27 Cubikschuh in der Sekunde, d. i. $\frac{1}{7}$ von der gröfsten Wassermenge, die dem alten *Rom* mit allen seinen Wasserleitungen zugeführt wurde. Vor *London* wird das Wasser durch hölzerne Röhren, die man alle 15 Jahre erneuert, in und durch die Stadt geleitet. Diese Leitung ist auch über Thäler in einem hölzernen Gerinne, welches auf 54, $1\frac{1}{2}$ Schuh dicken und auf 6 Schuh Abstand stehenden gemauerten Pfeilern ruht, geführt. Sie ist über das Thal von Buch-hill 5′ hoch, 6′ breit und inwendig mit Bley belegt.

§. 21. Aus diesen Beyspielen sieht man, wie sehr die Verhältnisse der Neigung zur Länge verschieden seyn können, und im Allgemeinen gilt der Grundsatz für die Ausübung: dafs die Sohle des Leitcanals, wo möglich, in einem hydrometrischen Abhang (I. B. S. 20) gelegt, und dem Bette eine gleichförmige Breite gegeben werde, damit der Lauf des Wassers befördert, die Verseigung und Ausdünstung aber verringert werde. Da überdies das Verhältnifs des Abhanges vom Leitgraben zu dessen Länge, von dem Fall, der von seinem Anfangspunkte bis zum Schifffahrts-Canal selbst statt findet, abhängt: so würden alle Vorschriften über die Gröfse des Falles nichts nützen; denn die Localität mufs zweckmäfsig benutzt werden. Aber niemals sollte man dem Leitgraben eine geringere Tiefe, als drey Schuh geben, um das Wachsen der Wasserpflanze zu verhindern, und die Geschwindigkeit des Wassers zu vermehren, folglich die Ausdünstung zu verringern. Es sollte also eher, wie gesagt, die Breite als die Tiefe der Rigole verringert werden, diese Vorschrift ist sehr wesentlich; denn bey einer geringern Tiefe ist die Adhäsions-Kraft, das ist, die anhaltende Kraft des Wassers an dem Bett und den Wänden des Canals, von gröfserm Einflufs auf die Retardation des Wassers, bey einer geringern Wassertiefe, als bey einer gröfsern. Aber die Breite der Leitgräben sollte niemals 10 Fufs übertreffen, damit man die Tiefe, also auch die Geschwindigkeit vermehren, die Verseigung und Ausdünstung verringern könne. In Hinsicht der erstern wird man folglich öfters Gelegenheit nehmen, die Sohle und Seitenwände des Leitgrabens aus Holzgerinne daselbst bestehen zu lassen, wo eine zu grofse Porosität des Erdreichs statt hat; ja man wird diese mit Planken bedecken.

In Hinsicht des Falls und der Geschwindigkeit der fliefsenden Gewässer, welche nicht zu den grofsen Flüssen gezählt werden können, also zur Ausmittelung des Falls und der Geschwindigkeit von den Leitgräben sind diejenigen hydrometrischen Messun-

gen, die ich bey der Darstellung der Schiffbarmachung des Marchflusses, so wie dasjenige, was ich in Betreff einiger Theorien über die Geschwindigkeit des Wassers mittheilen werde, dann auch die im 2ten Bande S. 338 angeführten Messungen wichtig, weil hieraus eine Annäherung resultirt. Wegen der Verseigung des Wassers und der Kosten wird es indessen gut seyn, wenn man den Fall der Leitgräben, (da, wo es seyn kann) $\frac{1}{3000}$ bis $\frac{1}{7200}$ der Länge macht, das heifst, auf hundert Klafter einen bis zwey Zoll Fall giebt, weil sie bey geringerm Falle eine gröfsere Länge erhalten, indem also die Geschwindigkeit ihres Wassers vermindert wird, die Verseigung zunimmt. Was ich nun über die Geschwindigkeit solcher ziemlich regulairen Wasserleitungen und von den darüber bestehenden Theorien vortragen könnte, findet der Leser im nächsten Abschnitt.

§. 22. Wo die Leitgräben bedeutende Summen kosten, wenn man sie offen mit einem Abhange führt, können sie auch in Röhren geleitet werden, um zu fallen und wieder zu steigen. Ia in kalten Klimaten wird daran sehr wohl geschehen, (wie ich bereits bemerkte) wenn man dieselbe bedeckt, damit die Canalfahrt gleich nach dem Abgange des Eises angehen möge, indem man den beym Eintritt des Frostes geleerten Canal von neuem mit dem von den Leitgräben beygeführten Wasser füllen kann. Ist die Kälte sehr strenge und anhaltend, dann mögen auch beym Eintritt derselben die Leitgräben geleert, und beym ersten Thauwetter in dieselben das Wasser wieder aufgenommen werden. Endlich bemerke ich, dafs in der fünften Abtheilung 2 B. S. 246. §. 22. bis §. 25. dasjenige, was ich über die Anlage der Entwässerungs-Gräben gelehrt habe, auch bey den Leitgräben eine Anwendung findet.

§. 23. Die *Zuleitung des Wassers nach einem Canal* kann auch aus solchen Bächen und Flüssen, die man unter dem Bett des Canals durchführt, bewirkt werden, nämlich zur Zeit, wenn es dem Canal an dem nöthigen Wasser fehlt, das ist, während dürren Jahreszeiten. Zur Erreichung dieser Absicht wird oberhalb der Brückwasserleitung in dem darunter durchgehenden Flusse ein Balkenwehr, dessen Pfeiler aus Werkstücken bestehen können, angelegt, und weiter aufwärts von diesem ab eine Rigole bis zum Canal geführt. Schwellt dann der Flufs an und führt sein Gewässer viel Material: so wird das darin liegende Wehr, welches nach Art des Landshuter-Wehrs (2. B. S. 616) construirt seyn kann, geöffnet, das Wasser verläfst jetzt die Rigole, folgt dem natürlichen Flufsbett unter dem Brückcanal. Aehnliche Einrichtungen sind mit dem Cesse-Flufs und dem Orviel-Bache beym Mittäglichen-Canal gemacht worden, die ich in der Folge beschreiben werde.

e) Von den Wasserbehältern oder Bassins, zur Speisung der Canäle.

§. 24. Dieselben sollen, während dürrer Jahreszeit, entweder die Leit- oder Schifffahrtscanäle, mit hinreichendem Wasser versehen. Sie müssen daher in solchen Thälern oder Ebenen abgedämmt werden, die eine zur Absicht hinreichende Wasser-

masse von den darin einfliefsenden Bächen erhalten. Während man sie abläfst, um die nöthigen Ausbesserungen an ihren Wehrdämmen (chaussées) vorzunehmen, sind die aufzufangenden Bäche seitwärts derselben zu leiten.

§. 25. Der Wehr- oder Sperrdamm, womit das Thal, zum Behuf des Bassins abgedämmt oder gesperrt wird, mufs hoch und stark genug seyn, um die möglichst gröfste Wassermasse aufzustauen und dem Druck des Wassers zu widerstehen, wie dies im 2ten Bande beym Wehrbau gezeigt ist. Auch dürfen diese Art Staudämme dem Wasser keinen natürlichen Durchzug gestatten, daher ihr Erdkörper aus der besten zu erhaltenden Dammerde so aufgeführt werden mufs, wie es im 2ten Bande beym Deichbau S. 581, gelehrt ist. Wenn diese Erde nicht hinreicht, sind im hintern Theile des Dammes Kiesel zu gebrauchen. Hohe Dämme der Art müssen aber aus Mauern bestehen, vor denen man Erdböschung zur Verhinderung der Filtration anbringt. Zuweilen mufs man vor den gemauerten Wehrdämmen lebendigen Kalch schütten; eine Betonmasse oder Thonlage anbermen, um das Durchdringen des Wassers zu hindern. Es kann auch eine Balkenwand zu diesem Behufe errichtet werden, längs welcher man (auf 6 bis 8 Fufs Abstand) eine Pfahlreihe durch eine mit Oeffnungen versehene Schwelle einrammt. Diese Schwelle wird mittelst nach andern kleinern, auf 12′ Abstand eingerammten Pfählen gezogenen Hölzern, (Zangen oder Anker genannt) in ihrer ursprünglichee Lage gehalten; folglich können auch die dadurch gehenden und mit einer zweyten Schwelle zu bedeckenden Pfähle, mithin auch die Balkenwand, nicht vorwärts gedruckt werden. Wie man aber Uferwände von Steinen und Holz anlegen könne, das ist bereits im 2ten Bande gezeigt worden.

§. 26. 1) Dasjenige Bassin, woraus unmittelbar der Canal gespeist wird, ist dem Theilungspunkte so nahe als möglich anzulegen, damit die Zuführung des nöthigen Speisewassers allen Zufällen, die bey dessen weitern Entfernung vom Canal eintreten können, entzogen, und das von den Leitgräben herbeygeführte Wasser in diesem Bassin (zu Regenzeiten) aufbewahrt werde, welches unnütz abfliefst, wenn die Leitgräben unter dem Bassin eine grofse Länge haben, wie z. B. beym Mittäglichen-Canal! Das Bassin ist, wo möglich, in ein langes und tiefes Thal zu legen, damit der das Thal sperrende Damm so kurz als möglich, und die Ausdünstung, wegen der kleinen Oberfläche des Wassers, dann die Verseigung des Wassers in das Erdreich, so gering als möglich sey. Man wird daher öfters genöthigt, ein solches Bassin nicht am Anfange des Leitcanals, oder der Rigole, sondern weiter abwärts anzulegen. In beyden Fällen, nämlich da, wo das Bassin am Anfang der Rigolen oder abwärts auf ihrem Wege, angelegt werden mufs, sollte man in Beziehung auf den ersten Satz, ein zweytes Bassin in der Nähe des Theilungspunktes vom Canal errichten! Wir sehen daher: dafs die Situation der Bassins von der Localität bestimmt wird. 3) Da, wo der Boden des Bassins Steinritzen hat, oder aus Sand- und Kiesboden besteht, mufs derselbe mit Thon, einige Schuh hoch, über-

fahren werden, oder man mufs anfänglich denselben mit trübem oder schlammigten Wasser anschwemmen, und so über ihn hin eine Schlamm- und Thon-Kruste bilden. 4) Ist das Bassin in eine Ebene zu machen, so schliefse man es mit wasserdichten Erddämmen ein, führe diese mit Sturzkarren, aber nicht mit Sckubkarren auf (I. B. S. 582). 5) Um das Wasser im Bassin zu halten, kann man, wenn dessen Bett aus Sand besteht oder viele Spalten hat, es mit Planken bedecken, und die Fugen dieser Decke mit Moos verstopfen; dies ist nothwendig, wenn mit dem darin gesammelten Wasser sehr sparsam umgegangen werden mufs, die Filtration also möglichst zu verhindern ist. 6) In dem das Bassin umgebenden Damm wird die eine Oeffnung für das durchzulassende Wasser, mittelst eines Balkenkastens, Gewölbes, oder einer, ja auch mehrerer eiserner Röhren gemacht, um das Wasser, je nach den Absichten, aus dem Bassin zu lassen. Jede dieser Röhren kann man mit einem Hahne verschliefsen, der an einer vertical stehenden eisernen Stange, welche oben an eine Schraube endigt, um welche der Bassin-Wärter eine Schraubenmutter dreht, befestigt ist; diese Stange gehe durch ein von Eisen oder Holz gemachtes Gewind. Auch den hölzernen im Dammkörper liegenden Kasten kann man mittelst eines Stöpsels so verschliefsen, wie es bey den Fischteichen geschieht. Man lese übrigens über diese Oeffnungen, Durchleitungen des Wassers durch Dämme, noch dasjenige, was ich darüber S. 612 u. s. w. im II. Bande vorgetragen habe.

§. 27. Die *gröfse des Bassins* hängt von der Wassermenge, welche die Speisung des Canals in aller Beziehung erfordert, ab. Vorzüglich mufs dieselbe auf die bey dürrer Jahreszeit zur Speisung des Canals und seiner Füllung, nach Vollendung der dabey vorgefallenen Reparaturen, erforderliche Wassermenge eingerichtet werden, ja! es mufs noch ein Ueberflufs an Wasser statt finden.

§. 28. Die merkwürdigsten künstlichen Bassins sind: das Bassin von Ferriol und das von Lampy, aus denen der Mittägliche-Canal, bey dürrer Jahreszeit, den wesentlichsten Theil seines Speisewassers erhält. Ihre Wehrdämme sind im zweyten Bande S. 613 beschrieben.

§. 29. Jetzt würde ich hier noch von den, über Canäle anzulegenden, Brücken handeln, wenn ich nicht die gesammte Brückenbaukunde in diesem Bande, daher auch die Anlage der beweglichen Canalbrücken vorzutragen hätte, worauf ich also den Leser verweise.

ZWEYTES KAPITEL.

Erklärungen und Maximen: den Bau und die Anlage der Schifffahrts-Canäle betreffend.

1.) *Erklärungen.*

§. 30.

Wiewohl man Canäle zu verschiedenen Zwecken anlegt: so haben wir es doch hier nur mit den *Schifffahrts-Canälen* *) zu thun; denn von den *Entwässerungs-* oder *Austrocknungs-Canälen*, so wie von den *Anschwemmungs- Zuleitungs-* und *Abführungs*-Canälen ist bereits im 2ten Bande und vorne gehandelt worden.

Jeder *Schifffahrts-Canal* besteht *a*) aus dem Boden oder der *Canalsohle*, (Tab. 97. Fig. 1.) *b*) Den zwey *Seitenwänden* oder *Ufern*. c) Alle Canäle haben einen oder zwey Ziehwege. Bey solchen Canälen, auf welchen die Schiffe steigen oder fallen, nenne ich die zwischen zwey Schleusen liegende Abtheilung des Canals, die *Canalhaltung* oder *Haltung*. Die oberhalb einer Schleuse liegende Canalhaltung heifst die *obere-Canalhaltung*, und die darunter liegende die *untere-Canalhaltung*. *d*) Manche über tiefe Gegenden oder Thäler führenden Canäle haben *Canaldämme*, und diese wieder *Bermen* oder *Absätze*, damit die hohen Seitenwände nicht nachsinken. *e*) Aufserhalb den Canaldämmen werden zuweilen Gräben zur Sammlung des Feld- Regen- Schnee- Sumpf- oder Quellwassers gezogen, die man *Sammelgräben* oder *Nebengräben* nennt. Das darin gesammelte Wasser wird entweder unter dem Canal, mittelst Durchlässe, oder in den Canal hinein, durch Zuführungs-Wehre und Schütze, oder auch in Bäche und Flüsse geleitet. *f*) Die dem Canal das nöthige Wasser zuführenden Wasserleitungen heifsen: *Speise-Canäle* oder *Leitgräben*. Der Canalbau erfordert noch *Kammerschleusen*, *Brückwasserleitungen* oder *Brück-Canäle*, *Stauschleusen*, *Brücken*, *Aufzieh-* oder *Zugbrücken*, *Wipp-* oder *Aufwinde-Brücken*, *Drehbrücken*; ferner *Wehre*, *Durchlässe*, *Seitenablässe* oder *Ueberfälle*, *Grundablässe*, *Schlammbehältnisse* am Ende der Speisewässer oder der in den Canal eingehenden Gräben.

*) Die beym Canalbau in französischer Sprache vorkommenden Benennungen sind im Wörterbuch enthalten.

Zweytens:

Grundsätze und Maximen, *nach denen bey Anlegung der canäle zu verfahren ist.*

§. 31. *Die Breite der schifffahrts-canäle* hängt von mancherley Umständen ab. Sie kann also nicht nach der Breite eines Canalschiffes allein bestimmt werden. Eben so wenig ist sie in Beziehung auf die Canaltiefe festzusetzen, *a*) weil das Local öfters eine gröſsere, dann aber wieder eine geringere Canalbreite zuläſst, und *b*) die besondern Localrücksichten und Geldmittel den Wasserbaukundigen beschränken. Folgendes kömmt bey der Wahl zur Canalbreite in Betracht zu ziehen. 1) Wenn ein Canalschiff (Fig. 2. Tab. 97.) gegen das Wasser angezogen wird, so schwellt oder wallt die Oberfläche des Wassers vor demselben, bey *EE*, auf; dann empfängt dessen vorderer Theil, d. i. die Stoſsfläche, und endlich empfangen die Seitenwände den Widerstand der Wassermasse, in welcher das Schiff eingetaucht ist und bewegt wird. 2) Vor der Stoſsfläche wallt das Wasser auf, und fällt in kurzen Wellen herab. 3) Die von dem Schiffe aufgestaute Wassermasse *EE* wird durch den Gang des Schiffes gezwungen, seitwärts auszuweichen, und setzt die nächsten Wasserschichten, diese wieder andere, in Bewegung, und so wird seitwärts des Schiffes die Wassermasse gegen die Ufer getrieben, und es entstehen darin mehrere kleine Wellen. 4) Je weiter daher der Canal ist, desto leichter kann das Wasser dem Schiffe ausweichen, desto besser gleitet es durch die Wasserschichten, folglich erfordert sein Zug eine geringere Kraftanwendung, und desto weniger werden die Ufer von dem darauf anwallenden Wasser angegriffen. Es ist sonach eine *groſse* Canalbreite, sowohl in Hinsicht des Schiffzuges als des Bestandes der Canalufer, vortheilhafter, als eine geringe Breite. 5) Stützt man sich auf die bisher von dem Widerstande, welchen das Wasser den dadurch gezogenen Körpern entgegen setzt, angestellten Versuche und Beobachtungen: so müſste sich die Breite des Canals zur Breite des eingetauchten Schifftheiles (*a b* Fig. 1.) (wo dieser Theil zum breitesten ist), wie 8 zu 1 verhalten. Da aber der mit einer solchen Canalbreite verursachte Geldaufwand zu groſs seyn würde, so ist das Verhältniſs von 5 : 1 hinreichend. Alsdann wird nach der beſsten Construction der Canalschiffe die Entfernung beyder Randborde *c* und *d* des Schiffes, d. i. wo sie zum weitesten auseinander stehen, $\frac{2}{9}$ von der Breite des Canals betragen. Das heiſst, der Canal wird $4\frac{1}{2}$ mal so breit seyn müssen, als die *gröſste Breite* des Schiffes beträgt.

§. 32. Wir wollen nun an bestehenden Canälen sehen, ob dieselben breiter sind, als dieses Verhältniſs angiebt und ob es wohl in Praxis der Kosten wegen ausführbar sey: die Breite der Canäle 7 bis acht mal so groſs, als die Weite der Canalschiffe zu machen.

Bey folgenden Canälen ist	Der Abstand vom Ufer am Wasserspiegel	Die Breite der Canalschiffe	Die Wassertiefe	Setzt man die Breite eines Canalschiffes = 1, so ist die Breite des Canals
	im franz. oder Pariser-Schuhen.			
Bey dem Canal du midi oder dem Mittäglichen-Canal	60	17	6	3,50
Bey dem Canal von Charollois oder dem Canal du Centre	36	15	5	2,00
Bey dem Canal in Hollstein	96	26	10½	3,70
— — — in Oesterreich	28	7	4	4,00
— — — von Briare	30	13	2½ - 4	2,30
— — — von Bridgewater	40	15	5	2,66
— — — von Clyde	56	19	8 - 10	3,00
— — — zwischen Oxford und Coventry	20	7	1¼	2,77
— — — von St. Omer	66	12	7	5,50
Bey dem Canal zwischen Oxford und Lichtfeld, welcher die Themse mit dem zwischen der Mersey und Trent gehenden Canal vereiniget	28	15	4½	1,86
Bey dem von der Trent nach Mersey gehenden Canal	28	15	4½	1,86
Beym Canal zwischen Liverpool und Leeds . .	42	15	5½	2,80
Canal von Trollhätta in Schweden	22	20	10	1,10

§. 33. Wenn die Breite einiger dieser Canäle sich zur Weite der Schiffe wie 7 : 1, als welches Verhältniſs einige Schriftsteller vorgeschlagen haben, hätte verhalten sollen: so würde die Canalbreite übertrieben groſs ausgefallen seyn: nämlich beym Mittäglichen-Canal 119; beym Canal von Hollstein 162 Schuh, nach dem von mir angenommenen Verhältniſs 76½ und 117 Schuh. Man sieht daher, daſs diese Normalbreite nur selten, bey dem gewöhnlichen Bau der Schiffe, erreicht worden ist.

§. 34. Von den holländischen Canälen, auf denen von einem Pferde 1500 Centner gezogen werden, wenn es im Hundstrott läuft, haben mehrere die oben bestimmte Normalbreite. Auf dem Mittäglichen-Canal, dessen Breite geringer ist, ziehen zwey Pferde 2000 Centner, und auf dem Canal von Briare, der noch schmäler ist, ziehen sie nicht über 1200 Centner; auf dem österreichischen Canal, der 28 Schuh breit ist, wird nur 500 bis 600 Centner von einem Pferde gezogen. Auf der Seine unterhalb Paris sollen von einem Pferde 200 Centner der auf Schiffen geladenen Last gezogen werden. Auf der Donau, wo die Geschwindigkeit bey demjenigen Wasserstande, der die Beschiffung dieses Flusses bequem zuläſst, 4½ Fuſs in der Secunde ist, rechnet man gewöhnlich 130 bis 150 auf ein starkes, und 100 Centner auf

ein kleines Pferd. Hieraus geht hervor, dafs auch in diesem Betracht die Canal-Schifffahrt (auf hinreichend weiten Canälen) einen grofsen Vorzug vor der Flufs-Schifffahrt hat, und dafs diese, je nachdem die Geschwindigkeit der Flüsse zunimmt, beschwerlicher wird, ist jedem leicht begreiflich. Beträgt diese Geschwindigkeit mehr als sieben Schuh bey einem Wasserstande, wo die Schiffe durch die Brücken gehen, und die Ziehwege gebraucht werden können, so hält die Schifffahrt mit der Landfracht nicht Rechnung; denn man mufs zu viele Pferde haben, den Krümmungen des Flusses nachgehen, und läuft Gefahr in einem solchen schnellen Strome zu verunglücken. Die Schifffahrt auf solchen schnellen Flüssen ist öfters unterbrochen, und auf Bergflüssen, die oft ihre Ufer übersteigen, nicht rathsam: folglich müssen *längs* denselben Canäle angelegt werden, wenn das Commerz die Unkosten ersetzt. Die zur Schifffahrt bequemsten Flüsse sind also die langsamsten, oder in denen Ebbe und Fluth statt findet, die über dem hohen Wasserstande hervorstehende Uferlande haben, und so breit sind, um mit vollen Segeln stromaufwärts zu fahren.

§. 35. Bey der Bestimmung der *canalbreite* kömmt noch gar manches in Ueberlegung zu nehmen. 1) Wenn einige Haltungen des Canals wenig in das natürliche Erdreich eingeschnitten werden, und zu den Aufdämmungen mehr Grund- oder Erdmasse als jenes Verhältnifs geben würde, erforderlich ist: so mufs die Breite und Tiefe solcher Canalhaltungen so viel vergröfsert werden, als die zu den Canaldämmen erforderliche Grundmasse nothwendig macht; denn es ist kein absolutes Bedingnifs, wie einige Schriftsteller dafür halten, den Canal überall gleich breit und tief zu machen; wodurch bey diesem Umstande für das Anfahren der entlegenen Dammerde unnütze Kosten entstehen würden. 2) Ein ähnlicher Fall ereignet sich, wo der Canal zugleich eine gröfsere Menge Wassers aufnehmen mufs, als jenes Normal-Verhältnifs der Breite des Canals zur Breite des Schiffes, nämlich wie 5 zu 1, zuläfst: das ist daselbst, wo der Canal die von Maschinen aus den Entwässerungsgräben darin aufgehobene Wassermasse, während diese in den nahen Flufs (wegen dessen hohen Wasserständen) nicht auswässern kann, aufnehmen mufs. Ein Fall, der bey vielen holländischen und niederländischen Canälen eintritt; daher dieselben eine gröfsere Breite haben, wie das Fünffache der Canalschiffe beträgt. 3) Eben dieser Fall tritt bey manchem durch sumpfige Bezirke zu führenden Canal ein: weil derselbe zugleich einen Abzugs-Canal bildet. Ferner findet derselbe Fall statt: wenn die Canalhaltung auch das Speise-Bassin bilden mufs. 4) Wo der Canal, wenn man ihm die gewöhnliche Breite geben wollte, der Länge eines engen Thales nach in Aufdämmungen geführt werden müfste, mag man, zur Ersparung dieser Dämme, des Canals-Breite vergröfsern, folglich das Thal bis zu den zwey Anhöhen bis zu der für die Schifffahrt hinreichenden Tiefe ausheben, wie z. B. beym Canal von Trollhätta, in dem Ackersthal, Tab. 92., geschehen ist. Endlich ist 5) in Hinsicht des Flächenraums einer Canalhaltung dessen gröfsere Breite nothwendig, und dies findet daselbst statt, wo

die Haltung, des Locals wegen, nicht eine solche Länge erhalten kann, um das zur mehrmahligen Füllung der nächsten untern Schleuse erforderliche Wasser fassen zu können, so dafs das zweyte und dritte aufsteigende Schiff in der Canalhaltung nicht die hinreichende Wassertiefe findet. In diesem Falle mufs also diese eine verhältnifsmäfsig gröfsere Breite, als die nächste, längere, erhalten. 6) Wird eine Abtheilung der Canalhaltung unterirdisch oder in einen Brücken-Canal geführt, so mufs man, zur Ersparung der Kosten, ihre Breite an dieser Stelle einschränken. Die unterirdischen Canäle mögen also höchstens die zum Ausweichen zweyer Schiffe nöthige Breite erhalten, und die Brücken-Canäle so wie die kurzen Unterirdischen-Canäle sind hinreichend breit, wenn ein Schiff seinen Lauf fortsetzen kann. 7) Eine ähnliche Mafsregel ist zu befolgen, wenn man zur Schiffbahrmachung eines Flusses von demselben seitwärts kurze Canäle ableitet, die wieder zu demselben zurück kehren, und worin die Kammerschleuse gelegt werden soll. Diese mag man schmäler, als das oben angegebene Normal-Verhältnifs machen: denn auf kurzen Strecken ist die gröfste Anstrengung der Zugpferde thunlich, und die sich begegnenden Schiffer können sich wechselseitig sehen, wenn sie solche schmale Canalstrecken durchfahren; auch werden zur Flufsfahrt ohnehin mehrere Pferde gebraucht, als zur Canalfahrt, so dafs dieselben das Schiff durch den Canal leicht ziehen werden.

§. 36. Aus diesen Betrachtungen geht demnach hervor: dafs, wenn man auch nicht allemahl die Breite und Tiefe eines Canals, nach den Schiffen, zu bestimmen genöthigt ist, dennoch sich stets einem der Oeconomie und der besondern Localumstände entsprechenden Verhältnisse nähern müsse. So treten z. B. besondere Fälle ein, welche es nicht zulassen: dafs bey der Anlage der Canäle der Bau der Canalschiffe vom Wasserbaukundigen abhängt. Bey diesen mufs daher die Breite des Canals nach der Breite der, auf den in Verbindung zu setzenden Gewässern in Gebrauch seyenden, Schiffe, und wo möglich nach jenem Normalverhältnifs (wie 5 : 1) bestimmt werden. Diese Fälle sind nämlich *a*) wenn ein Staat einen Canal anlegen will, der für die Seefahrer fremder Nationen eine sichere und nähere Wasserstrafse abgeben soll, als sie vorher hatten. Diese werden begreiflich nur alsdann die Canalfahrt wählen, wenn sie ihre Fahrt auf den, mittelst des Canals, in schifffahrtsfähiger Gemeinschaft gebrachten Gewässern mit ebendenselben Schiffen fortzusetzen im Stande sind. Ein Fall, der bey dem Hollsteinischen-Canal eintrat; derselbe hätte also eine hinreichende Breite und Tiefe für die Seeschiffe erhalten sollen, und es war ein Versehen, hierauf nicht zu achten, indem die Schleuse bey *Holtenau* für die Seeschiffe kaum breit genug ist. Auch den zwischen Edinburg und Glasgow oder eigentlich zwischen dem Firth of Forth und Firth of Clyde angelegten Canal hat man weder breit noch tief genug für die Seeschiffe gemacht. *b)* Ein ähnlicher Fall ereignet sich bey Canälen, die grofse Flüsse miteinander verbinden. Sind dieselben für die Flufsschiffe nicht breit genug, so kann es sich zutragen, dafs

die Canalfahrt bey diesem Umstande nicht mehr nützlich ist, wenn die Waaren aus den Flufsschiffen in kleinere Canalschiffe, und aus diesen abermals in Flufsschiffe geladen werden müssen. Ein Fall, der bey den Canälen in Preufsen, welche die Oder mit der Havel, Spree und Elbe vereinigen, und bey den Barczer-Canal in Ungarn, der zwischen der Theifs und Donau einen sicherern und nähern Weg darbietet, glücklicher Weise nicht eintritt. Solche Canäle müssen daher zur Aufnahme der gröfsten, dort im Gebrauche seyenden, Flufsschiffe breit genug seyn, wie es denn diese Canäle wirklich sind. Aber bey dem Canal von Trollhätta hat man diesem Grundsatze entgegen gehandelt.

Da wo diese und ähnliche Fälle nicht statt finden; wo der Canal eine bedeutende Länge hat, so dafs die Umladung der Waaren nicht in Betracht kömmt; wenn auf beyden durch den Canal zu vereinigenden Flüssen die Flufsschiffe auf eine verschiedene Art gebauet sind; ein Fall, der auf der Donau und dem Mayn eintritt; woselbst ferner eine hinreichende Wassermenge zur Speisung des Canals vorhanden ist, da mag die *Bauart der Canalschiffe* nach reifster Ueberlegung, der Breite und Tiefe des Canals gemäfs, bestimmt werden. Dabey ist jedoch auf die mit den Schiffen zu transportirenden Waaren Rücksicht zu nehmen: so kann man z. B. da, wo schwere und wenig Raum erfordernde Massen, als Eisen, Steinkohlen und dergl. transportirt werden sollen, den Schiffen, folglich auch den Canälen geringere Dimensionen geben, welches in England bey vielen geschehen ist, die aber nicht allemal zur Nachahmung empfohlen werden mögen, denn kleine Barken erfordern mehr Menschen, nehmen keine voluminöse Waaren und wenig Reisende auf, so dafs sie nicht im Allgemeinen anempfohlen werden können, wie Einige gethan haben.

§. 37. Hieraus und aus der Erfahrung resultirt Folgendes: 1) die Schifffahrts-Canäle sind in Beziehung auf die Kosten nicht zu breit, aber in Hinsicht der zum Zug des Schiffes anzuwendenden Kraft und der Erhaltung der Ufer, nicht zu schmal anzulegen. 2) Sie können füglich in vier Classen getheilt werden. *a*) Sind dieselben zum Transport des Eisens, der Steinkohlen und schweren Fabrikate bestimmt: so mögen sie an der Oberfläche 36 bis 50 Fufs breit seyn, eine Tiefe von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Schuh erhalten, und von 8 bis 10 Schuh breiten Schiffen befahren werden. *b*) Soll darauf Holz, Getreide aller Art, Gewürzwaaren und Manufaktur-Artikel versendet werden, so mag ihre Breite 45 bis 75 Schuh, die Tiefe aber 4 bis 6 Schuh betragen. *c*) Ist man der oben erwähnten besondern Fälle wegen genöthiget, die Canäle nach den See- oder Flufsschiffen anzulegen, so mag die Breite wenigstens das Vierfache, wo möglich das Fünffache und noch eine gröfsere Weite der Schiffe, wenn sie nicht mit grofsen Kosten verknüpft ist, erhalten. 3) Insbesondere sind lange Canalhaltungen, die eine solche Situation in Hinsicht des gewöhnlich in der Gegend herrschenden Luftstromes haben, dafs darauf die Schiffe segeln können, so breit als möglich anzulegen, weil der schnelle Lauf des Schiffes das Wasser stark gegen

die Ufer anschlägt, ihre Unterwaschung und ihren Einsturz desto mehr befördert, je enger der Canal ist. In dieser Hinsicht sollten die Canäle, auf denen die Schiffe in Trott gezogen werden, wenigstens, in Beziehung auf die Breite des Schiffes, die oben bestimmte Normalbreite erhalten, das ist, fünfmal so breit seyn, als die Borde des eingetauchten breitesten Schifftheiles, an der Oberfläche des Wassers, entfernt sind. 4) Bey den Beugungen und Wendungen sollten die Canäle immer an Breite zunehmen, vorzüglich da, wo auf dem Canal langes Bauholz verfahren wird, wo also lange Schiffe gebraucht werden, die sich bequem drehen müssen, ohne an die Ufer zu stofsen.

§. 38. *Die Tiefe der Canäle* richtet sich *a*) nach mehreren Localitäten; *b*) nach den Absichten der Oeconomie; *c*) nach den Schiffen, die man gebrauchen will, und *d*) nach der Tiefe der schiffbahren mit dem Canale in Verbindung zu bringenden Gewässern. Ad *a*) wenn der Canal oder einzelne Haltungen desselben in einem aus Kieseln, Sand oder Torf bestehenden Erdreiche ausgegraben wird, so mufs in diesen Canal, sobald als möglich, das trübe mit Thon und Erde geschwängerte Wasser der nahen Bäche, Teiche und Flüsse eingelassen werden, um dessen Sohle mit solcher die Verseigung (Filtration) verhindernden Materie zu bedecken. Die Erfahrung hat nämlich an mehreren, in kiesigtem das Wasser durchlassenden Boden angelegten Canälen, und namentlich an dem in Oestreich, einige Meilen durch Kiesboden, geführten Canal, bewiesen, dafs der aus Kiesel und Sand bestehende Boden, welcher anfänglich das Wasser wie ein Sieb durchliefs, nach dem Zeitraume zweyer Jahre, von dem durch die Speisegewässer geführten Materiale, mit einer 4 bis 6 Zoll hohen Schlamm- und Thonkruste bedeckt war, die das Verseigen gänzlich verhinderte. In dieser Hinsicht mufs man 1) die dem Theilungspunkte des Canals zunächste (die höchste) Canalhaltung zuerst anlegen, weil diese gewöhnlich eine geringere Wassermasse empfängt, als die niedrig liegende Canalhaltungen, worin man von dem Wasser der Bäche oder der Flüsse eine bestimmte Quantität einzuleiten Gelegenheit hat. Da mufs also mit dem Wasser so viel als möglich sparsam gewirthschaftet werden. 2) Bey allen hoch liegenden Canalhaltungen, in denen nur das in den Sammelteichen oder Bassins eingeleitete Wasser kleiner Leitgräben benutzt wird, ist sonach die Filtration durch eine sorgfältige Bearbeitung der Canalsohle und Canalwände zu bewirken. Dies wird durch Anwendung eines guten Erdreiches oder Thongrundes, und durch Vermischung der Kiesel mit Erde und Auffahrung dieser Masse durch Sturzkarren, während man sie mit Wasser stark begiefsen läfst, oder mit Anbringung von 1 bis 2 Zoll starken Brettern, sowohl auf der Sohle als längs den Ufern des Canals bis zur Wasserfläche, vollzogen. *) Da diese Vorschriften äufserst wichtig für den Canalbau sind, so werde ich später darauf zurück kommen.

*) Die Fugen dieser Ausdiehlungen sind mit Moos zu verstopfen. Dabey wird die zum Schiffszuge erforderliche Kraft verringert, indem der Widerstand des, über *glatte Flächen* bewegten, Wassers unbedeutend ist.

§. 59. 1) Wird eine Canalstrecke über Moor- und Torfboden geführt, so mag man über diesen hin, reinen Flufssand, ungelöschten Kalch, Ziegelbrocken und Kiesel schütten: Massen, welche in die Oeffnungen eines solchen Bodens eindringen. Auf diese Weise erhält man eine für das Wasser undurchdringliche Canalsohle. Der Torfboden allein wird aber eine Reihe von Jahren das Wasser durchlassen. Ist derselbe schwammigt, so wird ein, sowohl die Canalsohle als die Seitenwände des Canals bildendes, Faschinenbett, dessen Oberfläche mit den obigen Materialien bedeckt werden mufs, nothwendig. 2) Statt desselben kann man sich auch an den Seiten, der Spundwände, und zur Canalsohle eine auf Pfählen zu legende, und aus Eichen-, Lerchen- oder Kieferholz bestehenden Plankendecke oder des Rumpfes alter plattbodiger Schiffe und Prahmen bedienen; eine Methode, die niemals erneuert werden darf, aber beym porösen und sandigen Boden nicht genug angerathen werden kann. Nach einigen Jahren wird sich nämlich so viel Schlamm ansetzen, dafs, nachdem die Plankensohle in Fäulnifs übergegangen ist, gar kein Wasserverlust statt findet. 3) Einen bedeutenden Verlust der Art mufs der Ingenieur schon defswegen durch alle mögliche Mittel zu vermeiden suchen, weil, im Fall das in den vollendeten Canal eingelassene Wasser bald verseigt, die Neider den Canal verschreyen, und diejenigen, welche ihn unterstützen sollen, wankend werden! So erzählten sich die bösartigen Spötter zur Zeit: als das Wasser im Oesterreichischen-Canal verseigte: „die Canalgesellschaft habe mit den Fiackern zu Wien einen Accord abgeschlossen, um das Wasser in den Canal zu fahren!“ Bey kiesigtem und sandigtem Boden lege man defswegen die Canalsohle *zwey schuh tiefer*, als bey jedem andern. Späterhin wird der Niederschlag von denen in den Canal mit Absicht einzulassenden trüben, d. i. mit Material geschwängerten Gewässern, den Canalboden bedecken und erhöhen, ohne die zur Schifffahrt erforderliche Tiefe zu verringern. Ein gleiches gilt beym Morast- und wasserhaltigen Thonboden. 5) Ferner kömmt bey Bestimmung der Tiefe in fettem Erdreich und langen Haltungen, oder da, wo Quellen sind, der Umstand in Betracht zu ziehen, dafs die Wasserpflanzen in seichten Gewässern besser als in tiefen wachsen, und sich weniger biegen, folglich in seichten Canälen nicht nur der Schifffahrt nachtheiliger sind, sondern auch ihr Abschneiden grofse Kosten verursacht. Auch erreichen die Wasserpflanzen nur eine bestimmte Höhe oder Länge, die sich nach der Natur des Bodens und Klimas richtet. Man mufs also bey der Bestimmung der Canaltiefe die in denen der Canallinie nahe gelegenen fliefsenden und stehenden Gewässern wachsenden Wasserpflanzen kennen, und die nöthige Rücksicht darauf nehmen. So bemerkt man, dafs die Wasserpflanzen in der langen Canalhaltung des Mittäglichen-Canals nicht mehr wachsen, wo diese eine Tiefe von 7 Fufs 10 Zoll hat, wiewohl die Tiefe gröfstentheils nur 6 Schuh beträgt. 6) Da, wo man den Canal bedeutend über das natürliche Erdreich erheben mufs, kann die Tiefe, zur Ersparung der Kosten, (welche aus der Erhebung der Canalsohle entstehen), gleichfalls vermehrt werden. In diesem Falle

müssen die Canaldämme mit aller möglichen Sorgfalt dergestalt aufgeführt werden, dafs sie kein Wasser durchlassen; daher sind dieselbe mit Pferdekarrn aufzuführen; doch ich verweise auf die Deichbaukunde des ersten Bandes, woraus sich der Leser überzeugen wird: dafs man niemals die Dämme mit Schubkarren aufführen, und mit grofsen Kosten mit dem Stampfer die Erde stossen, noch mit Rasen, die viele Mühe und Geld kosten, (und demohngeachtet selten ausschlagen), belegen lassen mufs. Die Unterlassung der Auffuhr mit Pferdekarren oder Wägen hat wahrscheinlich bey dem Hollsteinischen-Canal und dem von Narbonne in Languedoc die so nachtheilige Filtration des Wassers zur Folge gehabt: denn sehr viel Land wurde längs beyden Canälen von dem, durch und unter die Canaldämme quellenden, Wasser bedeckt. Als man im October 1787 das Wasser in den letzten Canal einliefs, quoll dasselbe überall aus dem angrenzenden Terrain hervor! 7) Oefters wird des porösen oder sandigen Bodens wegen der Ingenieur genöthigt seyn: selbst den Grund, worauf die Canaldämme gelegt werden, einige Schuh unterhalb der Canalsohle, auf eine Breite von 8 bis 10 Schuh, auszuheben, und den Raum mit Thon oder Gartenerde, vermittelst Pferdesturzkarren, anzufahren. Ist diese Erdgattung nun mit grofsen Kosten beyzuschaffen, so mische man darunter kleine Kiesel, und lasse (wie gesagt) diese Masse während der Aufführung stets mit Wasser begiefsen. 8) Die Verhinderung der Filtration gebietet also, die Canalhaltung (wo möglich) nicht in Aufdämmungen anzulegen, sondern vielmehr die Canallinie dergestalt zu wählen, dafs sie in das natürliche Erdreich eingeschnitten werde, und nicht an dem Fufse eines Abhanges zu liegen komme. 9) Die Schiffe, welche den Canal befahren sollen, bestimmen aber bey jedem Local die geringst möglichste Tiefe, welche wenigstens zwey Schuh mehr als die Eintauchung des geladenen Schiffes betragen sollte, um den Schiffzug zu erleichtern. Kann man aber dieselbe noch um einige Schuh vermehren, so ist dies in Hinsicht auf den, von der das Schiff tragenden Wassermasse, ausgeübt werdenden Widerstand desto besser, weil derselbe bey gröfserer Tiefe geringer, als in seichtem Wasser ist. Hiezu kömmt: dafs, wie sehr man sich auch bemühen möge, das Speisewasser vor dem Eintritt in den Canal, von Sand, Erde und Schlamm zu reinigen, dessen stets in denselben eingeführt wird, mithin ein seicht angelegter Canal bald eine totale Ausräumung erfordert, die in Hinsicht der Schifffahrt und der Beschwerlichkeit der Arbeiten allemal gröfsere Kosten verursacht, als wenn gleich anfänglich derselbe eine gröfsere Tiefe erhalten hätte. Wenn nun die von den bestehenden Canälen gelieferte Erfahrung und diese Ansichten in Erwägung gezogen werden, so sollte jeder Canal, aus welchen Bestandtheilen dessen Sohle und Ufer auch zusammen gesetzt seyn mögen, stets zwey bis drey Schuh tiefer als die Eintauchung der geladenen gröfsten Canalschiffe geht, angelegt werden. Vorzüglich mufs aber dies, wie gesagt, bey langen Haltungen, deren Boden fett und thonartig ist, zur Verhütung der Wasserpflanzen, oder bey Canälen, die einen porösen Boden haben, zur Verhinderung der Filtration des Wassers, beobachtet werden.

§. 40. Die Gröfse der *Böschungen* vom *Canalufer* richtet sich nach der Natur des Bodens; je nachdem dieser locker oder feste ist, müssen sie zu- oder abnehmen. Sie können sich zur Tiefe, wie $1\frac{1}{2} : 1$, wie $2 : 1$, wie $2\frac{1}{2} : 1$ und wie $3 : 1$ verhalten. Da, wo das Erdreich eine gröfsere Böschung erfordern würde, um nicht abzustürzen, mufs man Verzäunungen von Pappeln und Weiden, und andere künstliche Uferdecken von Steinen und Balken anwenden, weil sonst, bey zu grofser Böschung, der Canal, in der Nähe des Bodens, zu schmal wird, als dafs sich zwey Schiffe bequem ausweichen können, wenn nicht dessen Oberfläche sehr breit gemacht werden wollte.

Bey der Sicherung der Canalufer, gegen den Einsturz, sollte man jedoch den Gebrauch des grünen ausschlagenden steifen Holzes (so viel als möglich ist) vermeiden; vorzüglich wenn man Steine zur Ausfüllung der Fachwerke und zur Belegung der Ufer erhalten kann: denn 1mo. ist das Buschholz dem Zuge der Schiffe, weil es das Seil aufhält, nachtheilig, und andern Theils befördert das in jedem Herbst abfallende Laub die Anschwemmung des Canals. In dieser Hinsicht mufs man sich, zu den Bepflanzungen und Verzäunungen der Canalufer, der rothen und gelben *biegsam* seyenden und *wenig Laub abwerfenden* Saalweiden, womit gewöhnlich die Weinreben gebunden werden, bedienen, und die längs den Canälen zu pflanzenden Bäume dem Canale selbst nicht zu nahe setzen.

Gleich bey der Anlage des Canals werde aber, wo es nöthig ist, die Regel befolgt: die Ufer mit Verschalungen, Pfahlbau, Mauern oder Faschinenbau, gegen den Einsturz zu sichern, und niemals dieselben zu steil anzulegen.

§. 41. Ist die Abdachung der Ufer oder Seitenwände, so wie die Breite der Oberfläche des Canals und die Tiefe bestimmt, so ist auch die *Breite* der *Canalsohle* angegeben. Damit aber die Böschungen vom Wellenschlage so wenig als möglich angegriffen werden, so bewerfe man dieselben, wo es thunlich ist, mit grobem Kies, Mauerschutt oder Bruchsteinen, wenigstens so hoch, als die Wellen reichen, und im porösen oder sandigen Boden lasse man dieselben, bis zur Oberfläche des Wassers, aus einer Plankenwand, deren Fugen mit Moos zu verstopfen sind, bestehen; um eines Theils das Nachstürzen des Erdreichs, und andern Theils das Verseigen des Canalwassers zu verhindern. Diese Verschalung wird auf schief (nach der Böschung der Ufer) eingerammten, auf 10 Fufs Abstand zu stellenden Pfählen, mit hölzernen Nägeln, befestigt. Sie darf niemals wieder erneuert werden, weil unter derselben das Erdreich dicht wird, und sich die darin gewesenen Oeffnungen nach und nach mit Schlamm verlegen. Auch kann eine beständig im Wasser stehende Holzwand lange ausdauern.

§. 42. Die längs Canälen anzulegenden *Ziehwege* erhalten gewöhnlich eine Breite von 9 bis 24 Fufs, werden 2 bis 3 Fufs über den Wasserspiegel erhoben, und mit Kiesel, Bruchsteinen oder Ziegelgraus beworfen, zuweilen gepflastert; im

thonigten und morastigen Boden, oder im Sande, mögen sie unten aus Buschlagen bestehen, um eine Festigkeit zu erhalten, wie dies in der Strafsenbaukunde bey Anlegung der Chausseen gelehrt wird.

§. 43. Die *Bermen* oder *Absätze* der Canalufer kommen nur da vor, wo der Boden locker, und der Canal tief in das Erdreich eingeschnitten wird, oder wo die Dämme hoch sind, und (ohne Absätze) auf die Seitenwände des Canals einen schädlichen Druck ausüben würden. Ihre Breite hängt also von den Localumständen ab.

§. 44. *Die Form der Canalschiffe* (Tab. 97. Fig. 1. 2. 3.) ist für die Canalfahrt ein wesentlicher Gegenstand, weil davon *a*) die zum Zuge erforderliche Kraftanwendung, d. i., die Anzahl der Ziehpferde; *b*) der mindere oder gröfsere Angriff der Ufer des von dem Schiffe gegen dieselben angewogten Wassers abhängt, und man *c*) in öconomischer Hinsicht ihre Construction so machen sollte, dafs die angespannten Pferde im Trott laufen können. Ohne hier eine gelehrt scheinende und in Praxis nicht anwendbare Abhandlung aus des Don Juan examen maritime und aus Bossuts Hydrodynamique, mit einigen Abänderungen, zu entlehnen, will ich mich an die Erfahrung und die Erscheinungen, die jeder bey dem Gange der Canalschiffe beobachten kann, halten. 1) Ist der vordere Theil einer Canalbarke breiter als der hintere gebaut (Fig. 2.), so empfängt nur der Theil *b. A. c.* den Stofs des Wassers, während die Seitenwände *c D* und *d D* davon verschont sind, indem längs denselben eine Senkung der Oberfläche des Wassers entsteht, worin das Schiff fortgleitet, ohne einen Seitenstofs vom Wasser zu erhalten. Diese Aufstauung des Wassers am vordern Theil des Schiffes oder an der Stofsfläche und dessen Senkung längs den zwey Seiten des Schiffes haben französische Gelehrte *Dénivellation*, *Langsdorf Wasserpafswechsel*, genannt. 2) So wie ein am untern Theile schmäler als am vordern seyendes Schiff durch die ihm ausweichende Wassermasse hindurch gezogen wird, streben die seitwärts fortgeschobenen Wasserschichten nach der gesenkten Fläche, die das Schiff in denen dem Ruder nahe seyenden Wasserschichten verursacht, zu. 3) Es entstehen daher unterhalb dem Ruder einige Wirbel, die von dem Lauf des Schiffes verursacht werden, (Fig. 2. remous effectués par le mouvement du bateau), welche, indem sie gegen einander schlagen, das Schiff vorwärts stofsen, das ist, eine höchst vortheilhafte Impulsion darauf ausüben. 4) Dagegen verursacht ein hinten breiter als vorne seyendes Schiff, längs seinen Seitenwänden, dem Wasser einen, die Kraftanwendung vergröfsernden, Widerstand; und es ist sonach klar: dafs die Schiffe vorne breiter, als hinten seyn, und, gegen das Ruder zu, spitz auslaufen müssen; daher die Gestalt der schnell schwimmenden Fische haben sollten, die die Natur nicht ohne Absicht so geformt hat. Folgende Vorschriften habe ich aus der Erfahrung gezogen: *a*) Eine *Canalbarke* (Fig. 1. 2. Tab. 97.) mufs am vordern Theil eine Spitze haben, um die davor aufgeschwellte Wassermasse zu zertheilen. *b*) Die Stofsfläche ist nach einer mit den Sehnen *A d* und *A c* zu beschreibenden krummen Linie zu construiren,

damit das davorstehende Wasser längs dieser Curve allmählig abgleite. *c*) Die Länge des Schiffes betrage eilfmal dessen halbe gröfste Breite *b a*, welche daselbst genommen wird, wo die Borde des geladenen Schiffes, die Oberfläche des Wassers erreichen werden; welche Bestimmung sich der Theorie sehr nähert. *d*) In dem Punkte $\frac{2}{11}$ setze man die gröfste Breite des Schiffes, die nach der Canalbreite oder nach dem Bedürfnisse angenommen wurde, ab, und mache die Breite des Bodens gleich $\frac{4}{5}$ derjenigen Entfernung, in welcher die Schiffsborde, bey der gröfsten Breite des Schiffes, in denjenigen Punkten stehen, bis zu welchen das beladene Schiff eingetaucht seyn sollte; d. i.: man mache $ef = \frac{4}{5}\ ab$ Fig. 1. Bey dem achten Theile verjünge man die Breite *h g* Fig. 2. um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{9}$ der gröfsten Breite *a b*, beschreibe mit *g B* und *h B* die Bögen *g B* und *h B*, und ziehe auf diese Weise, indem man in diesen Punkten, wie vorher gezeigt wurde, mit der Bestimmung der Borde verfahren hat, die Seitenwände *i h* und *d g*. Auf die Bodenplanken setze man die Kniestücke (Karbelen) auf 3 Schuh Abstand, an denen die Seitenborde genagelt werden, und deren unterer Theil aus Nadelholz-Wurzeln bestehen mag. Das Steuerruder erhält, je nach der Gröfse der Schiffe, unten eine Breite von 2 bis 4 Schuh. Der Mast wird im Schwerpunkt der Barke, und zwar zum Niederlegen, angebracht. Vorne wird die Spitze der Barke zwey Schuh erhöhet, damit die Wellen nicht in dieselbe eintreten. Da wo die Schiffe auf langen und freyliegenden dem Luftstrom ausgesetzten Canalhaltungen segeln können, giebt man dem Schiffe einen fast der Länge des Schiffes gleich seyenden Mast, und spannt daran ein oder zwey Segel. Auf denjenigen kurzen Canälen, welche zwey Flüsse miteinander verbinden, mufs (wie ich bereits anführte) der Ingenieur (wo möglich) eben diejenigen Schiffe gebrauchen, welche die Flüsse befahren, es sey denn, dafs diese Regel wegen der mit der Anlage eines breiten und tiefen Canals verknüpften Kosten und der geringen Wassermenge der Speisegewässer unthunlich würde, dafs ferner auf dem einen Flusse andere Fahrzeuge als auf dem andern im Gebrauch seyen.

Wenn gleich die Canalschiffe länger sind, als die Breite des Canals beträgt, so ist dies dem Gebrauche nicht nachtheilig, weil man bey den Aus- und Einladorten, Wendeplätze oder kleine Häfen mit Magazinen, Hebmaschinen und Schiffswerften versehen, anlegt.

§. 45. Zu den wichtigsten Daten beym Canalbau mufs die *Bestimmung der bey einem Canal erforderlichen Wassermasse* gezählt werden. Wir wollen also die verschiedenen, dabey eintretenden Fälle, untersuchen. Gewöhnlich wird dafür gehalten: dafs ein Canal eine solche Wassermasse gebraucht, die erforderlich ist: *a*) zur Füllung der Schleusen, *b*) zum Ersatz des durch die Schleusenthore quellenden Wassers, *c*) zur Erstattung der Verdünstung, *d*) zur Verseigung in dem Umfange des Canalbettes. Aber dabey ist noch diejenige Wassermasse zu berechnen, welche nothwendig ist, um diejenigen Canalhaltungen und Abtheilungen der Leitgräben,

die man abläſst und dann reiniget, wieder zufüllen, ferner diejenige, welche dem Canal zur Treibung der Maschinen entzogen wird, und endlich das Wasser, welches man bey heftigen Regengüssen oder dem Aufthauen des Schnees durch die am Canal angelegten Ueberfälle und Grundablässe in dem Falle aus den Leitgräben in den Canal, und von diesem seitwärts, also ohne Zweck, ablassen muſs, wenn es beym Theilungs- oder Höchsten-Punkte des Canals an einem Bassin fehlt, worin man dieses Wasser hätte aufbehalten oder fassen können.

§. 46. Ehe wir uns hierüber weiter verbreiten, wird es nothwendig: die zur Durchschleusung eines Schiffes erforderliche Wassermasse kennen zu lernen. Sie besteht aus zwey Abtheilungen, nämlich 1) aus dem von jeder *untern* Canalhaltung in die ihr zunächst liegenden Schleuse eingetretenen oder stehenden Wasser, welches ich die *Flottmasse* nenne, weil das in die Schleuse eingetretene Schiff damit flott bleibt. 2) Aus derjenigen Wassermasse, die in die Schleuse aus der obern Haltung eingelassen werden muſs, um das Schiff entweder in die obere-Canalhaltung oder in eine zweyte Schleusenkammer zu heben, welche ich die *Füllmasse* nenne, weil sie die Schleuse, so weit es zur Hebung des Schiffes nothwendig ist, füllt.

§. 47. Ueber die Wassermenge, welche die Schleusengänge, d. i., die Durchschleusung der Schiffe, oder ihr Steigen und Fallen, mittelst den Schleusen, erfordern, hatte man noch 1769 sehr unrichtige Vorstellungen, welches die den Ständen von Languedoc vorgelegten Berichte beweisen. Rapport par Prony zu dem Memoire sur la depense d'eau von Ducros. Man setzte früher voraus: daſs der Wasserbedarf einer Schleusenkammer aus der Oberfläche des Kammerraums, vervielfältiget mit der Fallhöhe einer Schleuse, berechnet werden müsse, und daſs man, wenn mehrere Schleusen, welche gleich groſse Kammern und einerley Fall haben, hintereinander folgen, nur den ganzen Fall durch die Anzahl der Schleusen dividiren dürfe, um die Fallhöhe zu erhalten. Es wurde bey dieser Vorstellung weder auf die Abtheilung des in der Kammerschleuse stehenden Wassers — in die Füll- und Flottmasse — noch auf das Ab- und Aufsteigen der Canalschiffe, als wobey doch in Hinsicht der Schleusenfüllungen und des dazu erforderlichen Wassers ein bedeutender Unterschied statt findet, Rücksicht genommen. In der That muſs man sich auch das, bey der Passage von Schiffen durch Schleusen, eintretende Manövre gegenwärtig halten, wenn nicht Irthümer hierüber entstehen sollen. Selbst die berühmten Ingenieure, *Tomassin* und *Perronet* (siehe des letztern Werk pag. 50.) nehmen für die Wassermenge, welche ein Schiff, zum Heraufsteigen oder Herabfallen, durch eine Schleuse, gebraucht, das Doppelte des Wasserkörpers, den eine Schleuse aufnimmt, wenn das Schiff noch nicht darin eingetreten ist, an. Zur Durchschleusung rechnet nämlich der letztere eine Schleusenfüllung von 15200 Cubikfuſs, zum Ersatz der Verdünstung, Verseigung und des durch die Thore quellenden Wassers eben so viel. Hat der Canal eine steigende und eine fallende Abtheilung, wie der Mittägliche, so

rechnet *Perronet* für die gesammte Canalfahrt eines Schiffes abermals das Doppelte oder die vierfache Schleusenfüllung für den gesammten Bedarf. Der Ingenieur *Gabriel* nimmt 246 Cubikklafter an, und *Abeille* 180, das ist, zum Steigen und Fallen des Schiffes. Jener gab der Schleuse 12, dieser 8 Fuſs Fall, und dieser Unterschied entstand: weil *die Durchschleusung mehr Wasser bey höhern als niedrigen Schleusenfällen* gebraucht.

§. 48. Ehe ich diese Materie weiter verfolge, ist zu bemerken: daſs bey den Canälen drey wesentliche Unterschiede, in Hinsicht ihrer Versorgung mit Wasser, statt finden, auf die allerdings bey der Bestimmung des erforderlichen Wassers und dem Entwurfe eines Canals Rücksicht zu nehmen ist. 1) Müssen einige Canäle dergestalt geführt werden, daſs sie mehrmahlen steigen und fallen: daher einen Theilungspunct oder mehrere erhalten. 2) Andere haben nur einen Theilungspunct, und die dritte Gattung fällt blos nach einer Hauptrichtung oder Weltgegend. Alle können aus verschiedenen Gewässern auf ihrem Wege noch einen vergröſserten Zufluſs an sich ziehen. So gehören zu denjenigen Canälen, welche von dem Speisewasser ab, in einem fort, ohne wieder zu steigen, fallen: die von Loing, Beaucaire, Trollhätta, kurz alle die aus und längs Flüssen geleiteten Canäle.

Vor Anlage eines Canals ist daher auf diese wesentliche Unterschiede bey der Bestimmung seines Wasserbedarfes, zu sehen.

§. 49. Wenn man sich die Art und Weise, nach welcher ein Schiff in die Kammerschleuse empor steigt, gedenkt: so müssen dabey in Hinsicht des zum Schleusengange erforderlichen Wassers, zwey Fälle von einander unterschieden werden. 1) Ist es klar: daſs, wenn ein Schiff aus der höher liegenden Haltung in die um einen Schleusenfall tiefer liegende hinabfällt, es so lange vor dem obern Thore bleiben muſs, bis die Schleusenkammer zum Horizontalstande der obern Haltung mit Wasser gefüllt ist, weil dieses Thor nicht eher bequem geöffnet werden kann; 2) daſs, sobald das Schiff in die Schleuse getreten ist, diejenige Wassermasse, welche mit dem eingetauchten Theil des Schiffes gleiches Volumen einnimmt, aus der Schleusenkammer in die obere Haltung zurückgedrängt wird, indem das Wasser in der mit dem untern Thor verschlossenen Schleusenkammer und in der Canalhaltung wagerecht steht. Diese zurückgetretene Wassermasse will ich den *hydrostatischen Körper* nennen. Damit ein bestimmtes Beyspiel die Sache deutlicher mache, so sey die Flottmasse 15000 Cubikschuh, die Füllmasse 20000 Cubikschuh, und der hydrostatische Körper 2000 Cubikschuh. Alles andere bey Seite gesetzt, würde der Schleusengang eines aus der obern Haltung in die nächste untere herabfallenden Schiffes eine Wassermenge von. 20000 — 2000 = 18000 Cubikschuh erfordern, weil die Flottmasse aus der untern Haltung in die Schleusenkammer eingetreten ist, mithin der Obern-Haltung nicht entzogen wird, und der hydrostatische Körper von 2000 Cubikschuh in die obere Haltung zurückgedrängt wurde. Bey einem steigenden Schiffe

wird die erforderliche Wassermenge aber 20000 + 2000 = 22000 Cubikschuh betragen, indem sonst das Schiff nicht bis zur Höhe der Obern-Haltung steigen könnte, und die Flottmasse von 15000 Cubikschuh durch das Zurücktreten des hydrostatischen Körpers in der untern Canalhaltung bereits um 2000 Cubikschuh vermindert war, noch ehe das Wasser der Schleusenkammer sich mit der obern Haltung im Horizont stellte: folglich diese die 2000 Cubikschuh der Schleuse ersetzen mufs, während das Schiff sie verläfst. Man sieht daher, dafs, *bey gleicher Schleusengröfse, je kleiner die Schiffe sind, desto mehr Wasser erfordert wird.* Es müssen daher die Schiffe *nur eben Raum in der Schleuse finden*, welches auch schon deswegen seyn sollte, weil gröfsere Schiffe mehr laden, daher, mit denselben (bey gleich grofsen Schleusen) eine gröfsere Last als mit kleinen Schiffen transportirt werden kann. Folglich ist die Anlage einer Schleuse für mehrere kleine oder für zu grofse Schiffe, die den Canal nie befahren, eine Geld-, Zeit- und Wasserverschwendung. Die Schleusen einiger Canäle sind also überflüssig grofs gemacht. Dieselben nur mit zwey Paar Stemmthoren so grofs zu bauen, dafs sie zwey und mehrere Schiffe zugleich aufnehmen, ist um so weniger rathsam, da selbst bey einer frequenten Schiffahrt, selten mehrere Schiffe zugleich, bey einer Schleuse, eintreffen. Solche mehrere Schiffe aufnehmende Schleusen-wie z. B. die Slykerschleuse bey Ostende (Tab. 74.) gebraucht man also nur als ein *Bassin*. Wird aber ein eine hinreichende Wassermenge führender Canal mit kleinen und grofsen Schiffen befahren, so lege man zwischen den Hauptwänden der Schleuse eine Mittelwand als Abtheilung an und auf der einen Seite dieser Wand eine Kammer für die gröfsern, auf der andern für die kleinern Schiffe: wie denn eine solche Schleuse ohnweit *Alphen* auf der *Gouwe* in Holland (Tab. 40.) liegt.

Auf eine andere Weise müssen die Schleusen (zur Ersparung des Wassers und der Zeit) eingerichtet werden, wenn darin zuweilen lange mit Bauholz beladene Schiffe passiren sollen. Alsdann lege man drey Paar Stemmthore, nämlich zwey in dem untern Theil der Schleusenkammer; das mittlere Thor wird bey der gewöhnlichen Schifffahrt verschlossen, und das untere aber nur dann, wenn die längsten Schiffe durchgeschleufst werden müssen. Ich erinnere mich nicht, dafs diese meine Idee in Hinsicht der Schleusen-Einrichtung für grofse und kleine Schiffe ausgeführt worden sey, wiewohl wegen Abhaltung der Sturmfluthen mehrere holländische Schleusen zwey Paar Fluth- und ein Paar Ebbethore haben. Bey dem zwischen der *Donau* und dem *Mayn* anzulegenden Canal scheint diese Einrichtung mit vorzüglichem Nutzen angewendet werden zu können: denn der Transport der Masten und des langen Schiffbauholzes ist für Baiern und Holland sehr wichtig, und dazu wird dieser Canal wesentlich dienen.

§. 50. Wenn also durch mehrere einfache Kammerschleusen ein Schiff oder mehrere Schiffe hintereinander *hinabsteigen*, da erfordert, streng genommen, jedes Schiff von dem Theilungspuncte oder aus der obern Haltung, eine *Füllmasse* weniger den hydrostatischen Körper, weil diese Wassermasse nach und nach aus einer

in die andere Haltung tritt, und ein so grofses Wasservolumen als der Raum, den der eingetauchte Schiffstheil einnimmt, in die obern Haltungen zurückgedrängt wird. Das Steigen eines Schiffes oder mehrerer Schiffe durch alle Schleusen erfordert aber eine Füllmasse an Wasser, so dafs, um sicher zu gehen, einem den gesammten Canal *einmahl durchgelaufenen* Schiffe (auf Canälen, die nur nach einer Richtung fallen) bey gleicher Anzahl und Gröfse von Schleusen, für das Steigen und Fallen, also für den *Hin- und Herweg*, nur dieser Wasseraufwand nothwendig wird, wenn man nämlich das Durchquellen des Wassers durch die Schleusenthore nicht berücksichtigt.

§. 51. Bey Gelegenheit der Entwürfe des vom *mittäglichen-Canal* abgeführten Canals von *Narbonne* (Tab. 97.) mufste vorzüglich die Frage beantwortet werden, ob man diesen, ohne dem erstern zu viel Wasser zu entziehen, anlegen könne? Man befand sich also in dem Fall: die zur Durchschleusung der Schiffe erforderliche Wassermenge zu berechnen! Der dermalige General-Inspector *Gendrier* und mit ihm einige Ingenieurs, hielten dafür: dafs ein nicht nur durch gekuppelte, sondern auch durch isolirte Schleusen hinaufsteigendes Schiff eben so viele volle Schleusen an Wasser, (*Schleusengänge*) *) als Schleusenkammern vorhanden sind, gebrauche. Allein der Direktor des Mittäglichen-Canals Herr *Garipuy* bewies: 1) dafs alle in einen gekuppelten Schleusenfall aufsteigenden Schiffe nicht so viele Schleusengänge erfordern, als Kammern vorhanden sind, und dafs jenes nur in dem Fall wahr sey wenn die Schiffe nach einer langen Zwischenzeit aufeinander folgen, weil alsdann zur Erhaltung der Thore, diese Thore geöffnet werden, (daher die Kammern ihr gesammtes Wasser verlieren); wenn aber mehrere Schiffe hintereinander aufsteigen, so gebrauche nur das erste Schiff so viele Schleusengänge an Wasser, als Kammern vorhanden sind, von den übrigen Schiffen gebrauche jedes nur einen Schleusengang, so dafs für eine Convoi von Schiffen die Anzahl der nöthigen Schleusengänge nicht die der Schiffe dieses Convoi übersteige, als um die Anzahl der Schleusenkammern weniger eines. Bereits 1783 schrieb der General-Inspector *Gauthey* über den Wasserbedarf der Schleusen, eine in den Schriften der Gesellschaft zu Dijon abgedruckte Abhandlung, worin er die Irthümer, welcher *Belidor* und mehrere Schriftsteller wegen dieses Gegenstandes sich schuldig gemacht hatten, zeigte. Sie berechneten nämlich die zum Durchgange eines Schiffes durch eine Kammerschleuse erforderliche Wassermasse, indem sie den Raum der Kammer bis zur Wasserfläche der Obern-Canalhaltung dafür annahmen. Sie achteten also nicht auf den Umstand, der darin besteht: dafs das Schiff

*) Unter einem *Schleusengang* (éclusée) verstanden ehemals die Ingenieurs den Wasserkörper, welchen man erhält, wenn die Oberfläche, des in einer gefüllten Schleusenkammer stehenden Wassers, mit seiner Höhe vervielfältiget wird; wir sehen aber aus dieser Zusammenstellung: dafs dieser Wasserkörper zur Durchschleusung nicht ganz nöthig ist. Man sollte also *unter Schleusengang*: die wirklich zur Durchschleusung eines Schiffes, bey jeder Schleuse, erforderliche Wassermasse verstehen, und nicht diejenige, welche eine volle oder gefüllte Schleusenkammer aufnimmt!

einen Wasserkörper in die Obere-Haltung aus der gefüllten Kammer verdrängt, welcher seinem eingetauchten Theil gleich ist, und daſs, während die untern Thore einer Schleuse geöffnet sind, bereits in der Kammer aus der Untern-Canalhaltung eine Wassermasse eingetreten ist, die mit dieser Haltung in einem Horizonte steht; dieses ist diejenige, welche ich §. 46. die *Flottmasse* genannt habe, wovon zuerst der General-Inspector *Ducros* in einem Memoire Erwähnung macht; ja diese Flottmasse steht der Untern-Canalhaltung gleich, wenn auch das untere Thor verschlossen ist, denn dasselbe kann nicht so dicht verschlossen werden, um allen Eintritt des Wassers zu hindern. Also gebraucht man aus der Obern-Haltung oder von dem Theilungspuncte des Canals, zur Durchschleusung eines Schiffes, nur diejenige Wassermasse, welche das Schiff über die Untere-Haltung hinauf hebt, das ist, die *Füllmasse*, von welcher noch der vor dem Schiffe aus der Schleuse gedruckte Wasserkörper abzuziehen ist. Anders ist der Fall bey gekuppelten Schleusen: man leert nämlich alle Kammern vom Wasser, ausgenommen die Obere- und Untere-Kammer, um die Zwischen-Thore nicht von dem Druck des Wassers zu beschädigen.

§. 51. Diesen Gegenstand weiter erörtern zu können, wird es nothwendig seyn, das Steigen und Fallen eines Schiffes, in verschiedenen Fällen, zusammen zu fassen. 1) Fällt oder steigt ein Schiff durch eine isolirte Schleusenkammer: so gebraucht es eine Füllmasse weniger den hydrostatischen Körper (d. i., der aus der Schleuse vom Schiff in die Obere-Haltung zurückgedrückte Wasserkörper) den ich ferner nicht mehr betrachten will, ausgenommen bey den allgemeinen Gleichungen, die weiter unten vorkommen. 2) Soll ein in der Obern-Canalhaltung vor der Schleuse liegendes Schiff in die Untere-Haltung hinab geschleuſst werden, nachdem ein anderes Schiff aus der Untern-Haltung in die Obere hinaufgestiegen war, so wird für die Durchschleusung beyder Schiffe nur eine Füllmasse gebraucht, indem das herabsteigende Schiff mit eben der Füllmasse hinabgeschleuſst wird, womit das hinauf gestiegene gehoben wurde. Folglich ist es, sowohl zur Ersparung des Wassers, als der Zeit, nützlich: die Durchschleusung der Schiffe so einzurichten, daſs wenn ein Schiff in einer Schleuse hinauf gestiegen ist, ein zweytes darin hinabfällt. Soll an dem vom Theilungspunkte kommenden Wasser hierdurch erspart werden, so muſs diese Einrichtung bey allen Schleusen Statt finden, denn bey einzelnen hat sie nur auf die betreffenden Canalhaltungen Einfluſs. Indessen kann man sie doch bey solchen Haltungen mit Nutzen anwenden, worin mehr Wasser als in den übrigen verseigt, oder die des Wassers nicht soviel empfangen, als die übrigen Haltungen. Aus diesem Satze entsteht die Regel: *alle Schleusenkammern einer Canalabtheilung, die nicht einen gröſsern Zufluſs von Wasser erhält, als den die obern-Haltungen haben, sind von einerley Länge, Breite und Fallhöhe zu machen.* 3) Steigen zwey Schiffe hintereinander durch eine und dieselbe Schleuse: so muſs man zuerst die Füllmasse, womit das erste Schiff gehoben war, aus der Schleusenkammer

lassen, bevor das untere Thor geöffnet, und das zweyte Schiff darin eintreten kann, folglich gebrauchen diese zwey steigenden Schiffe zwey Füllmassen. Man sieht hieraus: wie nothwendig es ist, den Schleusenwärtern eine bestimmte, das Manövre bey den Durchschleusungen der Shhiffe betreffende Vorschrift zu geben, nach welcher sie, wenn der Canal nicht Ueberfluſs an Wasser hat, wo möglich, ein Schiff steigen und das zweyte, von oben kommende, fallen lassen.

§. 52. Aus diesen Betrachtungen entstehen folgende Regeln: 1) Treffen die Schiffe von einer gröſsern Schleuse eine kleinere an, so geht das bey der Schifffahrt entbehrliche Wasser verlohren, denn man muſs es durch Seitengrundablässe, die man an den Canalufern anbringt, oder seitwärts der kleinen Schleuse, durch Umläufe, ablassen; nämlich in den Fällen, wenn es in der oberhalb der kleinern Schleuse liegenden Haltung nicht aufbewahrt werden kann. Ein Fall, der nicht eintritt, wenn auch die in den untern Canalbezirken liegenden Schleusen wenigstens die Gröſse derer in den obern befindlichen haben. 2) Wenn demnach der Canal in den untern Haltungen neue Zuflüsse von Speisegewässern erhält: so kann man den darin zu legenden Schleusen einen gröſsern Fall geben und durch diese Einrichtung in den obern Haltungen mit niedrigern Schleusen, an Wasser, in den untern Haltungen mit gröſsern Fall habenden Schleusen aber, Geld sparen. Es ist also bey allen Canälen (so wie es mehrere Schriftsteller und noch die neuesten lehren) keineswegs nothwendig, die Schleusen gleich hoch anzulegen, sondern nur da, wo der Canal nicht neue Zuflüsse erhält. 3) Eine solche Vergröſserung des Falls der untern Schleusen, folglich die Einleitung neuer Speisewässer in die untern Canalhaltungen, ist niemals zu versäumen; denn eine geringere Anzahl höherer Schleusen, wenn ihre Länge und Weite den niedrigen gleich sind, kostet, in Beziehung auf den Fall des Canals, weniger als eine gröſsere Anzahl niedriger Schleusen, und die Durchschleusung in dieser, erfordert längere Zeit als in ersterer, wohl verstanden in Hinsicht auf den Fall des Canals. Es kann z. B. der Abhang von 120 Schuh mit 12 Schleusen, jede zu 10′ Fall überstiegen werden, wo derselbe 30 Schleusen zu 4 Fuſs Fall erforderte. Sonach kommen 18 Schleusengruben, 36 Schleusenwände auf 6 Fuſs Höhe, und eben so viele Thore, so wie die Anlegung von 18 Fundirungen, in Ersparniſs.

§. 53. Was die Zeit zur Durchschleusung bey den einen hohen, gegen die, einen geringen Fall habenden, Schleusen anbetrifft: so steht dieſs, so wie es aus der Erfahrung ausgemittelt ist, in folgendem Verhältnisse.

Anzahl der Schleusen	Schleusenfall	Zeit der Durchschleusung eines Schiffes	Aufwand an Zeit für alle Schleusen, die den Fall von 120 Schuh ausmachen
	in Schuhen	in Minuten	
30	4	6	180
20	6	$7\frac{1}{2}$	150
15	8	9	235
12	10	$10\frac{1}{2}$	129
10	12	$12\frac{1}{2}$	125

Bey dieser angegebenen Zeit ist nämlich das Manövre der Durchschleusung mitgerechnet; denn zur Füllung bedarf es etwa die Hälfte Zeit. Es versteht sich, daſs ich hier Schleusen mit rectangulären Kammern meine, weil die Passage in Schleusen mit ausgebogenen Wänden, einen etwas gröſsern Zeit- und Wasser-Aufwand, bey der Durchschleusung der Schiffe, erfordert.

§. 54. Jetzt wollen wir die *Gekuppelten-Schleusen* in Beziehung auf die Durchschleusung der Schiffe und des Wasseraufwandes betrachten. 1) Wenn in den Kammern eines gekuppelten Schleusenfalles, zwischen denen die Haltungen fehlen, mehrere Schiffe hintereinander aufsteigen, so erfordert das erste Schiff eben so viele Füllmassen als Kammern, aber eine Flottmasse weniger *). 2) Das gleich nachkommende fallende Schiff bedarf eine Füllmasse und zwey Flottmassen weniger aus der Obern-Haltung als Kammern sind, weil das in der Obern-Kammer stehende Wasser, nachdem das zuerst hinaufgestiegene Schiff in die Obere-Canalhaltung eingetreten ist, folglich die obere Kammer verlassen hat, in die zweyte u. s. w. in die letzte Kammer eintreten kann; und in der untersten Kammer bereits (aus der Untern-Canalhaltung) eine Flottmasse steht, folglich die aus der Obern-Haltung in die obere Kammer eingelassene Flottmasse in der vorletzten untern Kammer zurückbleibt. 3) Gehen mehrere Schiffe hintereinander den Canal abwärts: so erfordert das erste fallende Schiff eine Füll- und Flottmasse zum Eintritt in die obere Kammer; aus dieser kann es nicht eher austreten, bis nicht die zweyte Kammer eine Füll- und Flottmasse erhalten hat, folglich muſs in die obere Kammer noch eine Flottmasse zugelassen werden. Es gebraucht daher zwey Flottmassen und eine Füllmasse. 4) Ist die obere Kammer, oder auch die zweyte, noch mit der Flottmasse versehen, indem ihr unteres Thor zugehalten wurde, so gebraucht die Durchschleusung nur eine Füll- und eine Flottmasse, so viel Kammern auch der Schleusenfall haben mag! Man verliert daher im ersten Fall bey Gekuppelten-Schleusen eine Flottmasse, gegen einfache Schleusen.

*) Es steht nämlich eine Flottmasse in der untersten Kammer, worin das Wasser mit der Untern-Canalhaltung horizontal ist.

Der erstere Fall wird in Praxis zum öftern vorkommen, indem die Kammern ihr Wasser durch die Thore bald verlieren; auch die Schleusenwärter leichter und schneller, wenn vor dem Durchgange der Schiffe die Schleusenthore offen stehen, manövriren. In diesem Falle leiden die Thore, Schleusenwände und die Fallmauer nicht so viel, als wenn man die Thore zuläſst, die dennoch das Wasser aus den Kammern in kurzer Zeit durchziehen lassen. Es ist daher besser, dasselbe bey Zeiten abzulassen, das ist die Thore zu öffnen; folglich die Kammern zu leeren. Aus diesem Grunde wird nicht allein der achtfache oder acht Kammern enthaltende Schleusenfall zu Fonserane (Tab. 76.) nur alle zwey Tage gebraucht, sondern auch wegen der Wasserersparniſs, die nämlich eintritt, wenn von einer Convoi von Schiffen ein Schiff den Schleusenfall hinaufsteigt, und ein anderes Schiff hinabfällt. *a*) Sobald nämlich ein Schiff diesen achtfachen Schleusenfall hinaufgestiegen ist, und ein anderes von der obern in die untere Haltung durch ihn hinabfällt: so consumirt die Durchschleusung beyder Schiffe acht Füllmassen und acht Flottmassen. *b*) Fällt das erste Schiff aus der obern Haltung in die untere: so gebraucht dasselbe eine Füll- und zwey Flottmassen *) zu dessen Durchschleusung der acht Kammern, und das zweyte den entgegengesetzten Weg kommende, das ist das steigende Schiff, acht Füllmassen und sieben Flottmassen; folglich verliert man auf diese Weise, bey beyden Schiffen eine Füllmasse und eine Flottmasse mehr, als auf die erstere Art, wie beym erstern Manöver. Hieraus geht also der Vortheil des ersten Manövers hervor, dessen man sich daher stets bedienen muſs: man sollte nämlich allemal die Durchschleusung (bey gekuppelten Schleusen) mit dem Steigen der Schiffe aus der Untern- in die Obere-Haltung anfangen, und das in der Oberhaltung liegende Schiff abwärts schleusen. Ein, den Fall gekuppelter Schleusen hinaufsteigendes, Schiff bedarf aus der Obern-Canalhaltung so viele Füllmassen als Kammern, aber eine Flottmasse weniger, indem diese aus der untern Haltung in die untere Kammer eintritt; wenn aber ein zweytes Schiff abwärts fällt: so tritt dieses mit der zur Durchschleusung des ersten Schiffes durch die obere Kammer aus der Obern-Canalhaltung gezogenen Füll- und Flottmasse in die zweyte Kammer; demnach gebraucht dieses zweyte Schiff nur eine Flottmasse, um in der obern Kammer flott zu bleiben.

Also auch hieraus geht die Nothwendigkeit hervor: daſs ein unten liegendes Schiff einen gekuppelten Schleusenfall erst hinaufsteige, ehe man ein anderes herabschleuſst. Zur Wasserersparniſs ist es daher nothwendig: daſs in der Obern-Haltung, vor dem Schleusenfalle, eben so viele Schiffe zum Herabsteigen bereit liegen, als in der untern Haltung stehen. Diese Regel wird bey den aus acht Schleusen beste-

*) Zwey Flottmassen deſswegen, weil mit einer Füll- und einer Flottmasse die erste Kammer gefüllt wird, folglich in dieser noch eine Flottmasse eingelassen werden muſs, um das Schiff in der ersten oder obern Kammer flott zu erhalten, während in die zweyte Kammer eine Füll- und eine Flottmasse eingelassen wird.

henden Fall zu Fonserane (Tab. 97.) so viel als möglich, während sehr dürren Jahreszeiten befolgt. Nur alle zwey Tage wird derselbe alsdann gebraucht, und es gehen zuweilen aus der Haltung Notre-Dame, wenn des Orbflusses hohe Anschwellung vorüber ist, 40 Schiffe, wobey immer ein Schiff aufwärts und das nächste abwärts geschleufst wird.

Es werden also zu dem Heraufschleusen eines Schiffes und zu dem Hinunterschleusen eines zweyten eben so viele Füll- und Flottmassen als Kammern sind, gebraucht. Es soll z. B. durch diesen Schleusenfall ein Schiff hinauf und eines hinab geschleufst werden; so erhält man 8 Füllmassen und 7 Flottmassen zum Wasserbedarf; sollen aber zwey Schiffe hintereinander hinauf geschleufst werden, so gebraucht man neun Füllmassen und sieben Flottmassen *), nämlich, wenn in den Kammern noch das Wasser enthalten ist. Sind die Thore aber bereits geöffnet und die Zwischenschleusen trocken, so werden zum Heraufschleusen eines jeden Schiffes 8 Füllmassen und 7 Flottmassen, folglich zu zwey Schiffen 16 Füllmassen und 14 Flottmassen, also 7 Füllmassen und 7 Flottmassen mehr gebraucht, als wenn man zuerst die Aufschleusung, und dann die Herabschleusung bewirkt. Man sieht daher, wie sehr die Wasserersparnifs von der Einrichtung bey der Durchschleusung der Schiffe abhängt.

Bey acht einfachen Schleusen gebraucht aber das steigende sowohl als das fallende Schiff eine Füllmasse, vom Theilungspunkte, oder von derjenigen Haltung, von wo ab seine Fahrt angeht: denn mit der nämlichen Wassermasse, womit das Schiff durch die erste Schleuse gegangen ist, passirt es auch die zweyte u. s. w., indem dasselbe immer von einer Canalhaltung in die andere fällt.

§. 55. Aber nicht genug, dafs die gekuppelten Schleusen mehr Wasser, als die isolirt liegenden, wie wir gesehen haben, gebrauchen, so erfordern ihre Schleusengänge auch längern Zeitaufwand, welches aus der Beschreibung des Manövers der Durchschleusung 2. Band, S. 656. hervorgeht. So ist z. B. auf dem Canal von Loing beobachtet worden, dafs während fünf Schiffe durch fünf einfache Schleusen gehen, nur viere einen aus vier Kammern bestehenden Schleusenfall passiren. Zur Durchschleusung eines Schiffes des achtfachen Schleusenfalls von Fonserane sind zum Herabfallen 90 Minuten, und zum Hinaufsteigen zwey Stunden nothwendig, und ein Schiff passirt durch acht isolirte Schleusen des Mittäglichen-Canals (nach meines ältesten Sohnes Beobachtungen) binnen 48 Minuten. Endlich stören die gekuppelten Schleusen die Schifffahrt; denn es mufs, wo das Wasser nicht im Ueberflufs vorhanden ist, ein vom Theilungspunkte kommendes Schiff vor der obern Schleuse liegen bleiben, bis das von unten kommende alle Kammern passirt hat, da doch dasselbe vor einer isolirten Schleuse nur 6 Minuten warten darf, und es sich überdiefs nicht

*) Man mufs nämlich beym Hinabsteigen eine Füllmasse ablaufen lassen, um in die nächste Kammer zu fallen.

immer so trifft, daſs das abfallende, vor einer Schleuse ankommende Schiff, an allen isolirten Schleusen ein steigendes Schiff treffen wird.

§. 56. Nach diesen Betrachtungen komme ich zu den allgemeinen §. 51. erwähnten Gleichugen, die *Prony* in seinem Rapport zu dem Memoire von *Ducros* aufgestellt hat, und die ich hier mittheilen will. Es sey die Höhe der Flottmasse $= t$, des gesammten Falles oder Schleusenkammer $= H$; die Anzahl der Kammern $= n$; der horizontale Queerschnitt einer Kammer $= S$; folglich die Flottmasse $F = S.\,t$; ferner sey die Füllmasse $= R$; der hydrostatische Körper, das ist die von dem Schiff zurückgedrängte Wassermasse $= B$ und $\frac{B}{S} = b$; die den Schleusenfall hintereinander passirenden Schiffe $= m$; die gröſste gleiche in n enthaltene Anzahl $= N$ und endlich die gesammte Wassermasse, welche die Schiffe m von der Obern-Canalhaltung, während ihrer Durchschleusung, bedürfen $= V$; so erhält man folgende Formeln:

Für die fallenden Schiffe:

1ter Fall $m < \frac{N}{2}$. . . $V = m\,(2F + R)$

2ter Fall, welcher begreift $\left\{\begin{array}{l} m = \frac{N}{2} \\ m > \frac{N}{2} \end{array}\right\}$. . $V = (n - 1)\,F + m\,R.$

Steigende Schiffe — — — — — $V = (n + m - 1)\,R + (n - 1)\,F.$

Zur Erleichterung der Auflösung in Zahlen kann man statt dieser Gleichungen folgende substituiren.

Für die fallenden Schiffe:

$m < \frac{N}{2}$ $\quad V = m\,S\,(2\,t + \frac{H}{n}$

$\left.\begin{array}{l} m = \frac{N}{2} \\ m > \frac{N}{2} \end{array}\right\}$ $V = S\left\{(n - 1)\,t + \frac{m}{n}\,H\right\}$

Für die steigenden Schiffe — — $V = S\left\{\frac{m + n - 1}{n}.\,H + (n - 1)\,t\right\}$

§. 57. Es ist bereits §. 50. erwähnt worden, daſs nothwendig jedes fallende Schiff aus der gefüllten Kammer, worin es eintreten soll, eine solche Wassermasse die seinem eigenen Gewichte gleich ist, in die obere Canalhaltung oder in die zunächst gelegene Schleusenkammer zurückdrängen muſs, und daſs um dieses Volumen, die Füllmasse beym steigenden Schiffe geringer seyn müsse: man erhält daher

Für die fallenden Schiffe:

$m < \frac{N}{2}$. . . $V = m\,S\,(2\,t + \frac{1}{n}\,H - b$

$m = \frac{N}{2}$ $\quad V = S\left\{(n - 1)\,t + m\left(\frac{1}{n}\,H - b\right\}\right.$

$m > \frac{N}{2}$ $\quad V = S\left\{\frac{n + m - 1}{n}\,H + (n - .)\,t + m\,b\right\}$

Wenn der Canal also von vielen Schiffen befahren ist, so kann der hydrostatische Körper sehr bedeutend werden, und man sollte bey der Berechnung des Wasserbedarfs allerdings auf denselben Rücksicht nehmen.

§. 58. Ich glaube nun die Regel wiederholen zu müssen, daſs der Ingenieur, in Hinsicht des Wasseraufwandes und der Zeit, ohne von dem Locale gezwungen zu seyn, nicht gekuppelte Schleusen anlegen solle, wiewohl sie weniger kosten, als eine gleiche Anzahl isolirter Schleusen, indem man Thore, Vorböden, Flügelmauern und Sturzbetten erspart. In der Nähe des Theilungspunktes sind sie daher, wo möglich, zu vermeiden, und nur da zu erbauen, wo der Canal neue Zuflüsse erhält. Nicht allemal hängt es aber von dem Wasserbaukundigen ab, die gekuppelten Schleusen zu beseitigen, wenn z. B. eine lange Canalhaltung in das natürliche Erdreich eingeschnitten werden kann, folglich Aufdämmungen und tiefe Excavationen vermieden werden, dann aber der Canal einen bedeutenden und kurzen Abhang haben muſs, folglich eine besondere Haltung zwischen zwey Schleusen nicht gestattet. Es hängt dies also von der Lage des Terrains wesentlich ab.

§. 59. Da die gekuppelten Schleusen mehr Wasser als die isolirten Kammern gebrauchen: so können oberhalb und unterhalb derselben, an den erstern darauf folgenden Haltungen, Schleusen mit höherem Falle, als in den übrigen Haltungen, angelegt werden, wodurch man Kosten und Zeit bey der Schifffahrt erspart. Eine zweyte zur Ersparung des Wassers abzweckende Einrichtung besteht darin: daſs man die Drempel der zwischen der obern und untern Schleusenkammer liegenden Schleusen zu einer bloſs zum Flotthalten der Schiffe erforderlichen Höhe legt; und eine dritte wird bey den leeren oder leichten Schiffen bewirkt, indem man nur so viel Wasser in diese Zwischenkammern einläſst, als sie zum Steigen oder Fallen erfordern.

§. 60. Im Allgemeinen kann man festsetzen: 1) daſs die Kammerschleusen zum Beſsten sind, wenn sie einen Fall von 8 bis 10 Schuh erhalten, wobey die Thore nicht zu schwer werden, die Fallmauer nicht zu hoch ist, die Umläufe keinen zu groſsen Fall erhalten, und die Mauern nicht zu hoch werden. 2) In der Haltung, woran gekuppelte Schleusen stoſsen, suche man auch einen neuen Zufluſs einzuleiten, um ihren gröſsern Wasserbedarf zu ersetzen, und vermehre dann 3), wenn es der Canallinie wegen geschehen kann, wie gesagt, den Fall der nächsten isolirten Schleuse. 4) Die an das obere Thor eines gekuppelten Schleusenfalls stoſsende Canal-Haltung muſs so groſs seyn, daſs, nachdem die gröſste Anzahl von Schiffen, die wahrscheinlicher Weise auf einmal hintereinander den Schleusenfall zu passiren haben, durchgegangen ist, diese Haltung sich nicht so tief erniedrige, daſs darin die folgenden Schiffe einen zu seichten Wasserstand finden. 5) Die darunter liegende Haltung muſs aber eine solche Gröſse haben, damit sie das, in sie durch die Schleusengänge aller hintereinander den Schleusenfall passirten Schiffen eingetretene Wasser bequem aufnehme, und der gröſsten von unten heraufkommenden Anzahl von Schiffen einen be-

quemen Aufenthalt gewähre. Sollte sie zur Einnahme des durch die Schleusengänge eingetretenen Wassers nicht grofs genug gemacht werden können, so mufs das Wasser, mittelst Ablässen oder Umläufen, abgeführt werden. Hierdurch entsteht aber ein Wasserverlust, der nur in dem Falle unschädlich ist, wenn alle unterhalb liegenden Schleusen isolirt sind, folglich das Wasser, welches der gekuppelte Schleusenfall gegeben hat, nicht vollständig gebrauchen.

§. 61. Die zur Speisung des Canals erforderliche Wassermenge hängt demnach vorzüglich von der Austheilung der Schleusen und der Bestimmung ihres Falles ab; doch wir wollen dieselben näher kennen lernen. Wenn man also die zum Canal erforderliche Wassermenge, während den Monaten, in welchen die Schifffahrt geht, bestimmen will; so müssen diejenigen Haltungen und Schleusen aufgesucht werden, welche die gröfste Wassermenge consumiren. So ist dies z. B. auf dem Mittäglichen-Canal der Schleusenfall von Fonserane; unterhalb desselben ist aber der Canal von den Flüssen Orb und Hérault hinreichend mit Wasser versehen. Auf der Seite nach der Garonne sollte der Bedarf der gekuppelten Schleuse von Encassan eher, als der einfachen Schleuse Montferrand berechnet werden, weil gekuppelte Schleusen mehr Wasser, als einfache wegnehmen.

Es frägt sich nun, wie viel Schiffe den Canal passiren, und diese Frage kann nur von dem wahrscheinlichen Verkehr beantwortet werden. So sind im Durchschnitte auf dem Mittäglichen-Canal, von *Cette* nach *Toulouse*, jährlich 916, und von dieser Stadt nach jenem Hafen, 838 Schiffe gegangen. Die Anzahl der Schiffe, welche die Anzahl der Schleusengänge bestimmt, ist daher mit dem Wasseraufwande derjenigen Schleuse, die das meiste Wasser erfordert, zu multipliciren, um die, zur Durchschleusung der Schiffe, erforderliche Wassermasse zu bestimmen. Wenn aber eine solche Schleuse am untern Ende derjenigen Haltung liegt, die überflüssiges Wasser aus neuen Zuflüssen erhält, so mufs eine andere gewählt werden, die nach ihr das meiste Wasser bedarf. Liegt diese Schleuse an den obern Haltungen, so braucht sie zwar die ihr zugetheilte Wassermasse; da aber die weiter abwärts liegenden Schleusen nicht so viel Wasser fordern, so bleibt der Rest in der Untern-Haltung stehen und dient der Verdünstung und Verseigung zum Beytrage. Doch hierauf mag man nicht rechnen, denn es ist stets nothwendig: eine gröfsere als geringere Wassermasse zur Speisung des Canals zu erhalten. Bey den meisten Canälen wird die Wassermenge hinreichend, ja überflüssig seyn, weil der gröfste Canal und eine frequente Schifffahrt nur eine geringe Wassermasse bedarf; auch werden wir sehen, dafs der obere Theil des Mittäglichen-Canals nur $31\frac{54}{100}$ Cubikschuh in der Sekunde gebraucht. Die gesammte Wassermenge wird aber gefunden, wenn man *a*) die jährliche Verdünstung in unserm Clima auf der gesammten Oberfläche der Leitgräben und des Canals höchstens auf 30 Zoll hoch annimmt, wiewohl dieselbe von dem Wasser, welches die Schleusengänge aus den obern Haltungen den untern zuführen, gewifs ersetzt wird: soviel

beträgt nämlich die Ausdünstung des Mittäglichen-Canals; *b*) die Filtration der Leitgräben und des Canals etwa als das Dreyfache des Cubikkörpers von jenen und diesen annimmt, weil das Regenwasser viel ersetzt. *c*) Das Durchquellen durch die Schleusenthore bey ähnlichen Schleusen beobachtet und mifst: dasselbe kann man zu $\frac{1}{3}$ Cubikfufs in der Sekunde bey Schleusen von 8 Fufs Fall annehmen; bey dem Mittäglichen Canal betrug es 504 Cubikzoll; *d*) eine bestimmte Anzahl von Schiffen, die den Canal passiren werden, festsetzt, und für das Aufsteigen derselben (in einem jeden Canalaste) eine Schleuse voll, für das Hinabsteigen eben so viel rechnet. *e*) Endlich die neue Füllung der jährlich auszuhebenden oder zu leerenden Canalhaltungen und Leitgräben in Anschlag nimmt, und beym sparsamen Zuflufs des Wassers eine Einrichtung trifft, damit das von den Leitgräben zu Regenzeiten überflüssig geführte Wasser nicht durch die, längs den Canalufern liegenden, Grunddurchlässe und Ueberfälle unnütz abgelassen werden mufs; eine Einrichtung, welche nur durch die Anlage eines Bassins in der Nähe des Theilungspunktes vom Canal, zu bewirken ist.

§. 62. Nachdem ich das zur Auf- und Niederschleusung erforderliche Bedürfnifs im Detail untersucht habe: so wird der Leser sich wundern, dafs ich davon hier keinen Gebrauch mache, sondern statt dessen für jedes Schiff und jede Schleuse eine Schleusenkammer voll Wasser rechne. Aber dies scheint mir vor der Anlage eines Canals die Vorsicht zu erheischen: denn hat man nicht *so viel* Wasser für den Canal, so wird man ihn nicht anlegen. Wir sehen nämlich, dafs der gröfste Canal (der Mittägliche) nur die geringe Wassermasse von höchstens 32 Cubikfufs in der Secunde, welche ein 8 Schuh breiter und 4 Schuh tiefer Leitgraben und eine Geschwindigkeit von einem Schuh in der Sekunde liefern würde, erhält. Man wird sich auch in der That nicht viel von der Wahrheit entfernen, wenn man mit *Perronet* bey einem Canal, der aus einem Bassin oder Theilungspunkte nach zwey verschiedenen Richtungen geht, für jedes hin und zurück passirende Schiff *vier* Schleusenfüllungen annimmt.

§. 63. Was endlich das zur Treibung der längs dem Canal liegenden Maschinen erforderliche Wasser anbetrifft: so versteht es sich, dafs nur daselbst Maschinen getrieben werden können, wo des Wassers im Ueberflusse ist. Hat der Canal aber einen, aus mehrern Kammern bestehenden, Schleusenfall, so mufs man, wie gesagt, nach diesem das Wasserbedürfnifs der Schleusengänge berechnen. Kurz es kommen hierbey die vorne vorgetragenen Fälle zu berücksichtigen.

§. 64. *Der Theilungspunkt zweyer Canal-Aeste oder des Canals ist so niedrig als möglich zu legen.* *a*) Damit der Canal die mindest mögliche Anzahl von Schleusen erhält. — Ein Grundsatz, der auch bey solchen Canälen, die mehrere Hauptspeisewässer und mehrere Theilungspunkte bekommen, anzuwenden ist. *b*) Der Canal von den Bergabhängen entfernt werde, um an Aushebungen und Aufdämmungen zu ersparen, und den Bergwässern nicht zu nahe zu kommen; *c*) die Flüsse,

Bäche und Gräben, welche die Canallinie durchkreuzen, vermöge ihres Abhanges *unter* dem Canal bequem durchgeführt werden können. *d)* Damit endlich der Canal möglichst in die Ebene verlegt werde, wo derselbe weder von Berg-, Regen-, Quell- und Schnee-Wässern so stark, als in der Nähe der Berge beschwert wird.

§. 65. *Dem Theilungspunkte muſs das letzte Speise- oder Sammel-Bassin so nahe als thunlich ist, liegen*, um die Versorgung des Canals mit Wasser vor allen Zufällen, die bey den Leitgräben eintreten können, zu sichern, und das Wasser, ohne es benutzt zu haben, nicht aus dem Canal ablassen zu dürfen. In dieser Hinsicht sollte das Bassin von *Naurouse*, am *Mittäglichen-Canal*, wieder geräumt, so wie mit einer Bewallung umgeben; und in der Nähe von *Zombor*, am ungarischen *Francisci-Canal*, ein *Bassin* angelegt werden, wenn keine andere Rücksicht dies verhindert. Beym Bassin von Naurouse ist die Tieferlegung nicht hinreichend, weil sie des Bodens wegen nicht bis zur hinreichenden Tiefe geschehen kann, und es sich bald wieder verschlämmen würde. Man müſste es daher mit einer Bewallung umgeben.

§. 66. *Das in den Canal einflieſsende Wasser ist, so viel als möglich, von den schweren Stoffen zu befreyen;* die leichten erd- oder thonigten schwimmen in dem Wasser selbst, und rollen nicht allein auf den Boden. Es wird also nützlich seyn: unterhalb eines solchen Bassins, ein zweytes aber kleines und sehr tiefes, anzulegen, das von Zeit zu Zeit von dem darin sich gesetzten Material zu reinigen ist; entweder dadurch, daſs man das Material auskarrt oder, vermittelst der Wasserströmung in einem längs oder unter dem Canal durchgeleiteten Bach oder Fluſs, fortspühlt.

§. 67. Wiewohl die Bassins dem Theilungspunkte nahe seyn sollten: so muſs 1) ihre Oberfläche doch höher als die Canalsohle liegen: oder die Neigung des Leitgrabens, vom Bassin ab, bis zum Canal unbedeutend seyn, damit sein Strom das Material nicht aus jenem in diesen führe. 2) Um die ins Bassin fallende Regen- und Schneegewässer, also auch Sand, Kies und Schlamm, vom Canal abzuhalten, ist die daraus abgehende Rigole in ihrer Ausmündung, während Regengüssen, die viel Material bringen, mit einem Stauschütze zu verschlieſsen, und seitwärts ein hinreichend groſser Grundablaſs anzubringen, um dieses Wasser und Material, welches in den nächsten Bach geleitet wird, durchzulassen. Dieser Anlagen wegen müssen in der Nähe des Bassins einige Wärter wohnen. 3) Ferner ist in dem Leitgraben (sowohl ober- als unterhalb des Bassins) ein eisernes Drahtgitter zu stellen, um den groben Unrath vom Canal abzuhalten. Führt der Leitgraben aber klares Wasser, so wird dies Gitter aufgethan. Statt desselben kann auch eine eiserne Platte, worin Löcher geschlagen sind, gebraucht werden. 4) Wo es das Local gestattet, lege man in die Rigole einzelne tiefe Stellen (Schächte) an, die sich mit Material füllen; um die Rigole selbst aber davon zu befreyen, führe man von der Rigole, unter ihre Ufer, eine Röhre in ein Thal, und öffne diese, wenn der Leitgraben anschwillt: dadurch wird

sodann das sich in dem Schacht gelagerte Material abrollen. Eine Einrichtung, die man auch bey den Einmündungen der Mühl-Canäle mit Vortheil anwenden kann.

§. 68. Alle Material führende Gewässer, welche schnell, oft und hoch anschwellen, sollen, während ihres hohen Standes, d. i. während sie Material führen, nicht in den Canal eintreten; höchstens nur anfänglich, um die Canalsohle mit dem thonigten Material anzuschlemmen, wenn dieselbe das Wasser durchläfst. Solche Gewässer führe man daher unter die Canäle durch, wie dies bereits gezeigt ist. Zuweilen leidet jedoch diese Maxime eine Ausnahme, nämlich da, wo man dem Canal, vermittelst Bassins oder des Leitgrabens, nicht eine hinreichende Wassermasse verschaffen kann. In diesem Falle lege man, der Mündung des darin eingeleiteten Flusses gegenüber, ein mit Grundablässen zu versehendes Wehr (in dem Bette dieses Flusses) an. Die Grundablässe werden dann bey einer Anschwellung des Flusses, wobey eigentlich nur Material herabrollt, geöffnet, um dieses Materiale dem Flufsbette zuzuführen; in dem Canal bringe man unterhalb des Grundablasses eine zur Einsetzung einer Stauwand dienende Einrichtung an, damit das Material nicht in den Canal einrolle. Ein blosses Ueberfallwehr, wie beym Teich von *Moret* am *Loing-Canal* liegt, ist daher nur daselbst zweckmäfsig, wo das klare Wasser eines Teiches in den Canal eintritt. Wie man indessen ein solches Wehr anlegen möge, so mufs vor demselben allemal eine Pfahlreihe angebracht werden, um die Schiffe davon abzuhalten, sobald das Wasser darüber hinstürzt.

§. 69. Diejenigen, viel Material führenden Flüsse und Bäche, aus denen eine Ableitung zur Speisung des Canals durchaus nothwendig ist, müssen sich (während ihrer Anschwellung) wo möglich, nicht unmittelbar mit dem Canal vereinigen, sondern zuvor in solche Behälter (Schlammfänge) geleitet werden, worin das Material zu Boden sinkt; oder ihr Fall mufs von einem, ohnweit des Canals anzulegenden, Wehr (Einleitungs- oder Zuleitungs-Wehr, réversoir) gebrochen werden, um ihre Geschwindigkeit dergestalt zu schwächen, dafs sie ihr schweres Material oberhalb demselben deponiren könne. Bey solchen Zuleitungen mag man auch die erwähnten Gitter anwenden, wenn der abzuleitende Flufs grobes Material führt.

§. 70. Mufs der Canal einen Flufs oder Bach, woraus er nicht sein Wasser bezieht, kreutzen, so sind folgende Regeln zu befolgen: 1) Müssen die Stau- oder Ueberfallwehre, wodurch leider mehrere Flüsse und Bäche in bestehende Canäle eingeleitet sind, vermieden werden, weil dieselben die Anschwellungen der Flüsse und die Anfüllung des Canals mit Material befördern, also die Canalfahrt oftmahls stören, und kostbare Ausräumungen zur Folge haben; ein Fall, der bey dem Mittäglichen-Canal ohnweit Beziers mit dem darin eingeleiteten Orbflusse eintritt. 2) Statt solcher Wehranlagen mufs man, wenn es an Gefäll fehlt, den Canal weiter flufsabwärts führen und den nöthigen Unterschied zwischen seiner Sohle und den Hochgewässern des Flusses zu erhalten suchen, folglich einen Brückcanal anlegen. 3) Von dem Flusse

selbst aber ist Flufsaufwärts ein Leitgraben abzuführen, welcher dem Canal das Wasser in hinreichender Menge oder so viel dessen aus dem Flufs gezogen werden kann, zuführt. Ein Beyspiel hievon giebt die über dem Cesse-Flufs am Mittäglichen-Canal liegende Brückwasserleitung und die Rigole von Cesse. 4) Kann weder die Bahn des Canals, noch des Flusses so geleitet werden, dafs die Anlage eines Brückcanals möglich sey, ohne den Canal, ehe er den Flufs passirt, in hohe Dämmungen zu legen: so entschliefse man sich auch hiezu lieber, als zur unmittelbaren Aufnahme des Stromes in den Canal. Sodann ist derjenige Schleusenfall, welcher eigentlich, nach der natürlichen Lage des Bodens, vor dem Flusse kommen sollte, jenseits desselben anzulegen. 5) Eine des Wasserbedarfs wegen möglichst unschädliche Vereinigung des Flusses mit dem Canal kann bewerkstelligt werden: *a*) Mittelst eines mit zwey Wänden versehenen Prahmens, wie denn auf diese Weise der Wildbach Libron durch den Mittäglichen-Canal geleitet ist. *b*) Lege man, wenn die Lage des Canals und des Wildbachs es erlaubt, in den Canal zwey oder vier Drehthore, oder benutze eine Kammerschleuse zur Durchleitung des Wassers, indem in ihren Seitenwänden mit Fallschützen oder Drehthoren zu verschliefsende Oeffnungen gemacht werden: ein jedoch nur im äufsersten Nothfall anzuwendendes Mittel, welches bey der Schleuse *des gardes* ohnweit *St. Omer* und in einer Kammer des bey dem Dorfe *Vayaux* auf dem die *Oise* und *Somme* vereinigenden Canal liegenden gekuppelten Schleusenfalls angewendet ist. Die eine oder andere Vorrichtung wird gewählt werden müssen, wenn man das fliefsende Gewässer weder in einer Brück-Wasserleitung über den Canal noch mit einem Durchlafse (des Locales und des Wasserbedarfes wegen), unter dem Canal abführen kann.

§. 71. Damit der, den natürlichen Flufs kreuzende Canal, mittelst einer Brück-Wasserleitung, den Ablauf der Hochgewässer dieses Flusses nicht hemme, oder wohl gar aus seinen Ufern über grofse Landstrecken hinaus treibe: so müssen die Gewölbe oder Oeffnungen der Brück-Canäle, dem Gewässer einen ungehinderten Ablauf gestatten. Wiewohl die Richtigkeit dieses Grundsatzes nicht verkannt werden mag, so habe ich dennoch bey dem *Oestreichschen-Canal* demselben zuwider eine fast 1 ½ Stunden breite Flufsgegend, ohnweit Neustadt, die vor Anlage des Canals oftmahls sechs Schuh hoch und darüber überschwemmt war, durch den in hohe Dämmungen eingeschlossenen Canal ausser einem 176 Fufs Oeffnung darbietenden Brück-Canal, und einem etwa 15 Fufs breit seyenden Durchlafs, mit dem in Dämmungen gelegten Canal zu sehr eingeengt gefunden, so dafs die Ueberschwemmungen sich in den neuesten Zeiten immer weiter ausdehnten! Ich habe in meinen ehemaligen Dienstverhältnissen diesen Fehler abzuändern vorgeschlagen, aber ohne Erfolg, und 1813 wurde dieser Brück-Canal fortgerissen!

§. 72. *Die Ableitungen des bey der Schifffahrt entbehrlichen Wassers, aus dem Canale, müssen dergestalt beschaffen und vervielfältigt seyn, dafs dasselbe, es bestehe aus Regen- Eis- oder Schneewasser, nie die Canalufer übersteigen möge.*

Der Canal mufs daher mit einer *hinreichenden Anzahl von Ueberfällen und Grund-Ablässen versehen seyn.* Bey jedem Brück-Canal und jedem Durchlasse sollte ein solcher Seitenablafs liegen, weil die dadurch fliefsenden Flüsse und Bäche das abgeleitete Wasser aufnehmen und fortführen können; ja man könnte zur Ableitung des Wassers in der einen Seitenwand einer Schleusenkammer, Schütze oder Drehthore anlegen, wenn hierdurch nicht die Schleuse beschädigt, mit Schlamm angefüllt, oder die Schifffahrt unterbrochen würde. Besser ist es daher: das Wasser um die Schleusen, mittelst Umleitungen (Umläufen) zu führen, welche aus vollkommen gutem Mauerwerk oder eisernen Röhren bestehen sollten.

Ohne solche Hülfsmittel werden die Canalufer von dem geschmolzenen Schnee überströmt werden. Um dies zu verhüten, müssen *a*) die Seitenablässe und ihr Zugang bis in den Canal hinein vom Eise frey gehalten werden; *b*) sie müssen geöffnet werden, sobald das Thauwetter eintritt; *c*) die Schleusenthore sollten an solchen Haltungen, welche weder Seiten-Ablässe noch Umläufe haben, offen stehen; *d*) das Wasser mufs unter der Eiskruste bey Zeiten abgelassen werden, damit diese unterhöhlt sey, und, indem sie einstürzt, dem Schneewasser einen gröfsern Raum in der Canalhaltung gestattet wird. Rathsamer ist es jedoch, beym Eintritt eines harten Winters: den Canal sowohl, als die Leitgräben vom Wasser zu befreyen, damit beym ersten Thauwetter das Wasser darin eingelassen werden möge, und die Schifffahrt gleich ihren Anfang nehmen könne; eine Vorsicht, die beym Canal von Trollhätta in Schweden, und vielleicht auch in Rufsland, beobachtet wird. Sie ist in solchen Climaten besonders nothwendig, wo ein hoher Schnee fällt, der den Canal anfüllt, und beym starken Thauwetter eine seine Ufer übersteigende Wassermasse giebt. Wo dieser Fall eintritt, mufs gegen den Winter (bey Zeiten) die Canalfahrt geschlossen, und das Wasser des Leitgrabens oder der Speise-Bassins seitwärts, und nicht in den Canal geführt werden. Ich habe beym Oestreichischen-Canal gesehen, dafs man wegen Unterlassung dieser Vorschriften, bey Ausbringung des Schnees, Tausende unnöthiger Weise verwendete, und dennoch die Canalfahrt erst in der späten Jahreszeit ihren Anfang hat nehmen können.

§. 73. Wenn in den Canal zuweilen viel Wasser führende, und denselben beschwerende Austrocknungs- oder Entwässerungs-Gräben eintreten, so lege man an ihren Mündungen solche Stemmthore, wie bey den Schleusen von *Gouda* (Fig. 2. Tab. 79.), *Schiedamm* (Fig. 2.) liegen, an; nämlich eines vorne, das niedriger ist, als das hintere, dessen Flügel unter einem stumpfern Winkel, als die Flügel des zweyten Thores zusammen schlagen. Bey dieser Vorrichtung drückt die höher stehende Wassermasse des Entwässerungs-Canales die Thore zu. Auch läfst sich diese Absicht mit einem einfachen, gegen den letztern gerichteten Stemmthore, oder mit einem etwas überhangenden Flügelthore (2ten Band S. 651.) erreichen. Oefters steht indessen der Schifffahrts-Canal höher, als der Entwässerungsgraben; dann müssen ein Paar Thor-

flügel, oder auch nach der erklärten Art, zwey nach dem Canal, und ein anderes oder zwey andere gegen den Entwässerungsgraben zusammen stemmen. Sind diese Gräben zugleich Wasserstrassen, so lege man, bey ihrer Vereinigung mit dem Hauptcanal, eine Kammerschleuse an; in Holland trifft man diese häufig, wo sie *verlaate* heissen, weil sie zuweilen das Polderwasser in den Hauptcanal einlassen. 2ten Band. Seite 256.

§. 74. Wird von der Localität die Anlage eines Brück-Canals unmöglich gemacht, mufs also der Canal mit dem Flusse unmittelbar verbunden werden: so ist in das den Flufs aufzustauende Wehr eine bewegliche Balkenwand, ein Drehthor, oder auch eine Schleuse zur Ablassung der Hochgewässer anzulegen. Wenn aber ein, zwischen Wehren eingeschränkter Canal den Flufs passirt, wie am Mittäglichen-Canal Tab. 97., unterhalb der Schleuse von Ognon geschieht: so versehe man (wo es das Local zuläfst), dieselbe mit Drehthoren oder Balkenwänden, damit der Strom, je nach dem Bedürfnisse, in den Canal eingelassen, oder davon gehalten; durch die Oeffnung, ab- oder zum Theil durchgelassen werden möge.

§. 75. Da, wo der Canal zwischen Dämmen über ein Thal geführt werden mufs, oder wo er längs einer Anhöhe läuft, sind ausserhalb den Dämmen ein oder zwey Sammelgräben (Seitengräben) zu ziehen, die das Feld- Berg- Regen- oder Schneewasser aufnehmen, und es *seitwärts* oder in Durchlässen *unter dem canal* abführen. Enthalten sie klares Wasser, dann mag dasselbe, zur Zeit der Dürre, wenn die Feldwässer nicht Schlamm bringen, in den Canal, mittelst Röhren oder Zuleitungswehren, eingeführt werden.

§. 76. Folgende Regeln werden also den Bau der Canäle erleichtern. 1) Ist es durch kluge auf die genaueste Localuntersuchung gestützte Ueberlegung möglich, so müssen Canäle weder in hohen Dämmungen (die sehr kostbar, und der Gefahr durchzubrechen oder zu filtriren ausgesetzt sind), noch in tiefen Einschnitten, die viel Schnee aufnehmen, daher Veranlassungen zu hohen Anschwellungen des Canal-Wassers sind — gelegt werden. 2) Die Canalhaltungen müssen nicht zu lang seyn, *a*) weil in langen Haltungen (selbst während die Schiffe durch die Kammerschleusen gehen), die Bewegung des Wassers sehr unbedeutend ist: folglich darin die Wasserpflanzen besser, als in kürzern Haltungen, worin die Bewegung des Wassers bedeutender ist, wachsen; *b*) die nach einer Ausräumung des Canals zu bewirkende Füllung in einer sehr langen Haltung dehnt sich nicht schnell aus, und die Wassermasse stellt sich kaum in einigen Tagen horizontal. Hierdurch können die Canalufer bey der obern Schleuse überlaufen, wenn gleich bey der untern, die schiffbahre Wassertiefe mangelt. Ein Beyspiel hierüber findet man am Mittäglichen-Canal: das Wasser stand nämlich in der 164700 Schuh langen Haltung oberhalb Fonserane so, dafs es bey Ventenac 8″ 2‴ über, und bey der Schleuse von Fonserane 7″ 4‴ unter seinem Normalstande war: folglich hier 1′ 3″ 6‴ niedriger, als dort stand, welches für die Schiff-

fahrt, der zu geringen Wassertiefe wegen, sehr nachtheilig seyn mufste. Sie stockte deswegen eine Zeit lang, und machte das Ein- und Ablassen einer gröfsern Wassermasse, als nöthig gewesen wäre, wenn sich das Wasser bald wagerecht gestellt hätte, erforderlich. 3) Diesem allen wird man, selbst bey sehr langen Canalhaltungen, ausweichen, wenn ihrer Sohle ein unbedeutender Abhang gegeben wird, der sich zur Länge wie 1 : 40000, ja nur wie 1 : 80000 verhalten mag, weil bey gröfserm Abhange das obere Thor der, am untern Ende einer solchen Haltung liegenden, Schleuse zu sehr vom Wasser beschwert werden würde. Bey solch geringem Abhange der Canalsohle wird selbst, während des Offenstehens der Thore von der unteren Schleuse, nur eine geringe Geschwindigkeit in der Wassermasse der Canalhaltung erfolgen, die dem Schiffszuge kein bedeutendes Hindernifs seyn kann, bey welchem geringen Abhange das obere Thor der untern Schleuse nicht zu hoch seyn darf, um das Wasser zurück zu halten. Endlich kann derselbe keinen bedeutendern Kosten-Aufwand als eine horizontale Canal-Sohle verursachen. Oefters wird im Gegentheil dabey erspart, wenn nämlich die Canallinie einen natürlichen Abhang hat. Also mag hiebey die örtliche Lage des Bodens entscheiden. Wenn man diese Mafsregel bey vielen Canalhaltungen anwendet, so wird natürlich am Falle der Schleusen erspart. Sollte dagegen der Einwurf gemacht werden, dafs die Canalsohle, ohngeachtet dieses geringen Abhanges, bald bis zur wagerechten Lage angeschlämmt werden müsse: so ist zu erwägen, wie ein jeder Canal von Zeit zu Zeit eine Ausräumung erheische, und diese auch vollzogen werden müsse; dafs man immer dem Canal anfänglich eine gröfsere Tiefe geben sollte (S. 30. §. 38.), als später erforderlich wird. 4) Die Canalhaltungen dürfen nicht so kurz oder so klein seyn, dafs sie weniger als drey Schleusengänge an Wasser entbehren können, ohne für eben so viele Schiffe zu seichte geworden zu seyn. Sollte indessen das Local eine hinreichende Länge für eine solche Haltung versagen, so mufs man derselben eine desto gröfsere Breite geben, damit eine den Absichten entsprechende Wassermasse darin Raum finde. 5) Mit Hülfe genauer Local-Untersuchungen und der Bau-Anschläge mufs man erörtern: ob es nicht besser sey, dem Canale eine geringere Anzahl von Schleusen zu geben, ihn in längern Dämmungen zu führen, oder dessen Bett in tiefe Excavationen zu legen. Wiewohl diese letztern bey gleichem Kostenaufwande, dem Ackerbau mehr Grundstücke entziehen, wegen der Breite, die sie erfordern, und da sie dem Schnee grofse Bergeplätze geben, so verdienen sie vor den hohen Dämmungen, welche mehrere Schleusen erfordern, und bey heftigen Regengüssen in Gefahr stehen, überströmt und durchbrochen zu werden, den Vorzug; auch erfordern diese letztere viele, zur Verhinderung hoher Wasserstände dienende Seitenablässe. 6) Die aus einem Flusse abzuleitenden Schifffahrts-Canäle müssen *mit der Richtung des Stromes* spitzwinkelig seyn; bey solchen Ebbe- und Fluthströmen aber, die eine ziemlich gleiche Geschwindigkeit haben, einen rechten, und bey denen Flüssen, worin der Fluthstrom stärker als der Ebbestrom ist, einen stumpfen Winkel mit dem Flusse

bilden, um weder das Flufsmaterial, noch eine zu grofse, die Canalufer übersteigende Wassermasse aufzufangen, und nicht vor ihrer Mündung mit Anschlämmungen verlegt zu werden. Die Bestimmung über die Richtung, unter welcher sich ein Canal mit dem Flufs vereinigen soll, ist in der That wichtiger, als sie es Manchem scheinen wird, und sie hat in Frankreich beym Canal von Beaucaire weitläufige Discussionen erzeugt, welche in der Beschreibung dieses Canals von meinem Sohn angeführt werden. Mit Ebbe- und Fluthströmen, deren Geschwindigkeit ziemlich gleich ist, rathe ich deswegen zu einer rechtwinkeligen Vereinigung, weil alsdann sowohl der Ebbe- als Fluthstrom vor des Canals-Ausmündung vorüber geht, ohne den Canal mit zu viel Schlamm, vor dem Thore seiner untern Schleuse, zu verstopfen. Dabey mufs jedoch dasjenige künstliche Ufer des Canals, welches den Sturmfluthen entgegen steht, weiter als das entgegen gesetzte in den Flufs hinein stehen. Ein Beyspiel giebt der aus Delfshaven in die Maafs gehende Canal Tab. 31. Bey Rotterdam, wo in den Mündungen der zwey Canäle die Sturmfluthen directe einstehen würden, liegen diese unter einem spitzen Winkel mit dem Fluthstrom. Dieser Rücksicht wegen und zur Verhinderung des Eintritts der Hochgewässer in den Canal, müssen die längs dem Canale zwischen zwey Schleusen aufgeworfenen Dämme, zwey Schuh und darüber die höchsten Gewässer des Flusses übertreffen, und das obere Thor der untern Schleuse einer Canalhaltung mufs diese Höhe erhalten. Auch ist der Canal gegen Flufsinondationen, mittelst hoher Schleusenthore und Flufsdeiche; vor den Einströmungen der Meereswogen aber mittelst eines Stemmthores und Seedeichen zu schützen. Dieses Thor nennt man Fluth- oder Sturmthor. 6) Da die oberhalb der ersten Schleuse eines solchen von einem Flusse abgehenden Canaltheils, ohngeachtet der vorgeschriebenen Richtung, die er mit dem Flusse macht, versandet oder verschlämmt, so wird es nothwendig: davon ab eine, nach dem Flusse zurück kehrende, mit einem Schütze zu verschliefsende Leitung zu machen, die eine Spühlung dieser Canalstrecke, während die erste Schleuse verschlossen ist, zuläfst. Diese Maafsregel wird sich jedoch nicht bey jedem Local in Anwendung bringen lassen, und man ist dann genöthigt: Aushebungen des Materials vorzunehmen. Die Spühlung der Einmündungs-Schleuse kann aber auch durch Balkenwände, die man nicht ganz auf die Schleusensohle herab läfst, bewerkstelligt werden, indem der Strom durch die so entstandene Oeffnung mit Gewalt durchfliefst. 7) Jeder von einem Flusse abgehende oder zwey Flüsse verbindende Canal, mufs in der Nähe der Flüsse so tief gelegt werden, dafs dessen Sohle unter ihrem niedrigsten Wasserstande dergestalt liege, damit in denen mit den Flüssen correspondirenden Canalhaltungen, eine hinreichende Tiefe für die Schifffahrt statt finde. Eine gleiche Regel gilt für die den Flüssen zunächst liegenden Canalschleusen. Fast sollte man diesen Grundsatz der Anführung nicht werth halten, weil er sich zu leicht ausspricht; gleichwohl hat man ihn, selbst bey einem der breitesten und bedeutendsten Canäle in Europa (bey dem Franzens-Canal)

aus den Augen gesetzt, so daſs die Schifffahrt, während dem niedrigen Stande der Theis, unterbrochen ist. 8) Sind zur Bequemlichkeit der Schifffahrt die *Krümmungen der Canäle* nach sanften Bögen zu ziehen, und ⅙ bis ⅓ breiter als die gerade Bahn zu machen, damit die Schiffe bequem ihren Lauf verfolgen, ohne an die Ufer zu stossen. 9) Da bey dem eintretenden Bruch eines Canaldammes, eine Haltung ihr Wasser nicht verlieren darf, so lege man unter den Brücken oder zwischen gemauerten Seitenwänden, zwey bewegliche hölzerne Stauwände (Fluthwände) an. Jede muſs auf zwey Pfosten ruhen, etwas über die Canalsohle gelegt werden, unten in zwey Zapfen beweglich seyn, und in den Seitenmauern zwey Büllungen, in denen sie sich bewegen kann, finden. Da sie schräge liegt, so wird sie von dem, mit dem Dammbruch verursachten, Strom gehoben, und stellt sich dann vertical, verschlieſst daher den einen Theil der Canalhaltung, und hindert auf diese Weise den Abfluſs des Wassers. Sie muſs sonach in ihren Zapfen leicht beweglich seyn, und die Canalwärter müssen dafür sorgen, daſs sie niemals mit Schlamm bedeckt sey. Ist aber ein Dammbruch unglücklicher Weise erfolgt: so müssen sich die Canal-Aufseher sogleich zu den Stauschleusen und Fluthwänden verfügen, um, wenn dieselben noch nicht von dem strömenden Wasser aufgehoben sind, solche sogleich aufzurichten, und in den verticalen Stand zu bringen. Den gänzlichen Ablauf einer Canalhaltung zu verhindern, wird auch wohl unter den Brücken, d. i., bey den schmälsten Canalstellen ein Stemmthor oder Flügelthor eingehängt, welches sodann *Halbschleuse, Fluth-* oder *Wachtthor* heiſst. Die beſste Einrichtung einer Stauschleuse zu diesem Behufe, und zur Absonderung des Canalwassers von den Entwässerungs-gräben, die zu der Zeit, wenn dieselben niedriger als der Canal stehen, verschlossen seyn müssen, besteht darin, daſs man der Schleuse vier Flügel (T. 94. Fig. 39.) giebt. Zwey davon *a b* und *c d* sollten niedriger, als die übrigen zwey seyn, und ihren Stand nach *a, f,* und *d, h,* haben, wenn die andern nach *K e* und *K i*, offen stehen. Strömt dann das Wasser von *A* nach *B*, indem die unterhalb *B* liegenden Canaldämme durchgebrochen sind, so drückt es die leichtern Thore *a, f,* und *d, h,* die etwa einen Schuh über der Wasserfläche hervor stehen mögen, gegen die höhern Thore *K e* und *K i*: und so werden diese nach *K b* und *K c* zusammen geschlagen, jene aber erhalten die Stellung *a, b,* und *c d.* Von diesen letztern muſs jeder Flügel mit 3 Rollen, an dem Schlagständer, versehen seyn, damit er längs den höhern Flügeln des andern Thores leicht weggleite, wenn das höhere Wasser solche zu öffnen strebt, indem es dagegen andrückt. 10) In den mehresten Fällen wird man sich zum Behuf der einzelnen Ausbesserungen mit zwey, in die Canalwände oder an den Widerlagern der Brücken angebrachten Nuthen, welche eine Planken- oder Balkenwand aufnehmen, begnügen können. 11) Da, wo der Canal in einen Morastboden oder in weichen Thonboden geführt wird, ist nach S. 32. zu verfahren. 12) Die Canalwände werden öfters, besonders bey engen Canälen, worin die von

dem Schiffe in starke Bewegung gesetzte Wassermasse heftig dagegen anschlägt, unterwaschen, und auf der Canalsohle wachsen auch wohl in langen Haltungen Wasserpflanzen, welche die Verschlämmung des Canals befördern, und dem Schiffszuge sehr hinderlich sind. Es müssen also gegen beyde Uebel, schon bey der ersten Anlage des Canals, Mittel getroffen werden. Man schütte daher auf die, nach denen im vorigen §. und im Deichbau gegebenen Regeln aufgefahrene Canalsohle und Ufer, Kiesel, Ziegelschutt, Kalkschutt, lebendigen Kalk, Steinkohlen, Tufsteine, Laven, Schmiedeschlacken oder kleine Bruchsteine aller Art, und wähle die nächsten dieser Materien. So führt *Andreossy* in seiner Geschichte des Mittäglichen-Canals an: dafs in der Canalhaltung von Fonserane ein Salzschiff gestrandet, und da, wo das Salz auf die Canalsohle gefallen sey, keine Wasserpflanze mehr wachse. 13) Die Fortsetzung der Canalfahrt in Landseen erheischt Sicherstellung gegen Stürme und Wogen. Diese wird, wo es die Tiefe zuläfst, zum Befsten: durch Bebrückungen zum Ziehwege und Pfahlreihen, durch Stein- und Faschinendämmen, erreicht. Wo es aber seyn kann, ist es besser, die Landseen zu meiden, und in deren Nähe den Canal zu führen, wie dies längs dem See von Ladoga, ohnweit Petersburg, geschah. 14) Die Wahl des Ortes, an welchem Schleusen angelegt werden müssen, wird öfters von der Lage des Bodens geleitet und bestimmt. Man sollte daher die örtliche Lage sorgfältig untersuchen. So bietet z. B. eine Ebene die Bequemlichkeit dar, den Canal nicht zu viel zu excaviren, noch in hohen Dämmungen zu legen, wenn man in dem Abhange, womit sie selbst endet, auch einen Schleusenfall errichtet. Dieser Abhang des natürlichen Erdreichs bezeichnet also den Ort, wo die Schleuse anzulegen ist. Ein Beyspiel giebt der Schleusenfall von Fonserane und einige Schleusenfälle auf dem Canal von Charollois. Es ist daher auch in dieser Hinsicht, keine, auf jedes Local passende Regel: „die Schleusen in gleichen Entfernungen zu legen", wie ein gewisser Schriftsteller lehrt. Gebiethet der geringe Vorrath an Wasser, in der Nähe des Theilungspunctes (die tiefer liegenden Canalhaltungen nehmen mehrere Bäche auf, leiden daher keinen Wassermangel) eine Wasserersparnifs: so verringere man die Fallhöhen der Schleusen. Es werden daher höhere Aufdämmungen der Canalhaltungen nothwenuig. In diesem Falle mufs man von den oben gegebenen Regeln, wonach die Aufdämmungen zu vermeiden sind, abweichen! 15) *Canäle müssen so viel als möglich nach geraden Linien gezogen werden*, um den kürzesten Weg mit dem mindesten Aufwande an Geld zu erhalten, und die Schifffahrt abzukürzen. Nur in dem Falle, wenn durch eine solche, hohe Dämmungen oder tiefe Excavationen, Brück-Canäle und Durchlässe vermeidende Canallinie, ein grofser Umweg entsteht, kann man diesen anstatt der geraden Linie wählen, ja es mufs der Ingenieur bey Auswahl der Canallinie: alle Vortheile und Nachtheile wohl erwägen. Uebrigens versteht sich von selbst, dafs man die Canäle den Städten und Ortschaften so nahe als möglich legen müsse. Wenn dieses das Local durchaus versagt, so sind von dem Haupt-Canal nach den

städten bequeme Canal-Aeste zu führen. Auch der Endpunct eines Canals ist in Hinsicht der Oeconomie wichtig. — Wenn der Canal z. B. nicht von Flufsschiffen befahren werden soll, dabey also eine Umladung der Waaren nothwendig wird, so ist es keinesweges nothwendig: solchen dem Flusse, auf welchem diese Waaren weiter transportirt werden sollen, so nahe als möglich zuzuführen; es sey denn, dafs er bis zum Umladeplatz selbst gelangt. Es mufs nämlich das Auf- und Abladen der Waaren, so wie das Fuhrwerk, bezahlt werden; da kömmt es also nicht auf einige Hundert oder Tausend Schritte mehr an, sobald nämlich die Anlage des Canals auf diese Strecke sehr kostbar ist, welcher Fall vorzüglich bey Hauptstädten eintritt, wo die Grundstücke, und Häuser enorm theuer sind. So hätte bey dem Oesterreichischen-Canal 1½ Million erspart werden können, wenn man ihn nur bis an die *Linie* der Stadt *Wien* geführt hätte!

§. 77. Solche Schifffahrts-Canäle, die mit Wasser im Ueberflufs versehen sind, können zu Bewässerung der Wiesen und Ländereyen, so wie zu Treibung der Maschinen, gebraucht werden, welche letztere in den Umläufen längs den Schleusen, anzulegen sind. So liegen z. B. an mehreren Schleusen des Mittäglichen-Canals gute Kornmühlen, die sogenannte Löffelräder haben. Liegt die Oberfläche des Canals unter dem zu bewässernden Erdreich, so kann man in den Umläufen der Schleusen mit Wasserräder zu treibende Druckwerke, Wasserschrauben, oder den Belier hydraulique errichten; auf diese Weise das Wasser bis zu der von den Bewässerungs-Anstalten vorgeschriebenen Höhe fördern. Solche für die Agricultur wohlthätige Anstalten lassen sich auch noch bey mehreren bestehenden Canälen erreichen.

§. 78. Zu den schwierigsten und kostbarsten Canalbau-Arbeiten gehören die *unterirdischen-Canalstrecken*. Dieselben sind daselbst, wo die Canallinie solche Berge antrifft, denen sie nicht ausweichen kann, und die zu hoch sind, als dafs der Canal darin eingeschnitten werden könnte, nicht zu vermeiden.

Unterirdische Canäle müssen 1) der Dauer wegen, in Erde, Thon- oder sandboden ausgemauert, oder 2) mit einem Holzbaue, nach Art des Stollenbaues in den Bergwerken, ausgeschlagen werden. 3) Geschieht das erstere, so ist das Deckgewölbe und der Boden nach einem Zirkel oder einer verkehrten Elypse zu machen, um dem Druck der Erde zu widerstehen, und ein für die Schifffahrt bequemes und leicht rein zu haltendes Canalbett zu haben, weil der untere Theil des Gewölbes dieses Bett bildet. 4) Besteht der Berg aus festem Stein oder Felsen, so wird der Canal ausgesprengt, wie dies im zweyten Bande gelehrt ist. 5) In der unterirdischen Canalstrecke müssen die Schleusen vermieden werden. 6) Läfst sie einen starken Luftzug befürchten, so führe man sie in einer sanften Wendung. 7) Unterirdische Canäle sollte man wegen der bey der Unterhaltung und Schifffahrt statt findenden Kosten, vermeiden, wenn sie gleich in der Anlage geringere Summen als längere offene Canäle erfordern, und nur alsdann anlegen, wo diese nicht ausführbar sind. 8) Können sie nicht

vermieden werden: so ist vorher die Beschaffenheit des Bodens (mit Erdbohrern) genau zu untersuchen. Dann werden die zur Aufförderung des Materials, wozu man sich der Winde und zweyer Kübeln oder auch des Pferdegöpels *m. n. l. o.* (Tab. 84. Fig. 23.) bedient, und die zur Einlassung der Luft nothwendigen Schächte abgesenkt, und jetzt erst unternimmt man die Stollenarbeit. Sie wird zuerst an den beyden Enden der Unterirdischen - Canalstrecke, dann bey den für zwey Aufförderungs - Kübeln hinreichend weiten Schächten angefangen, und diese letztere werden mit Holz eingefaſst, wenn der Boden nachgiebt. Der Schächte selbst aber lege man, ihrer Kostbarkeit wegen, so wenige als thunlich ist, an. Bey dem Canal St. Quentin sind nur deswegen viele gebraucht worden, um den Canalstollen an mehreren Stellen zugleich bearbeiten zu können, weil dieser Canal in kurzer Zeit vollendet werden sollte! 9) Oefters stossen die Arbeiter auf unterirdische Gewässer, die abzufangen und mit Maschinen *) zu Tage zu fördern, oder durch abgesonderte Stollen fortzuleiten sind, wie dies am Mittäglichen - Canal, ohnweit *Malpas*, mit der unterirdischen Leitung von Montadi geschehen ist. Zur Aufnahme des Wassers in den Canal, und wegen Vermehrung dessen Abhanges ist es nöthig, diejenige Canalhaltung, worin die unterirdische Strecke zu liegen kömmt, unterhalb dieser, mit einer Schleuse zu endigen, die den Fall hervor bringt. 10) Nur selten wird man einen solchen Boden finden, in welchem die Ausmauerung eines Unterirdischen - Canals überflüssig wäre; sie ist mit Hülfe leicht transportabler Lehrgerüste vorzunehmeu. Anfänglich wird eine etwa 4 Schuh breite und 6 Schuh hohe Gallerie, dann aber ein solcher Stollen ausgebrochen, worin noch über dem Gewölbe seitwärts so viel übrig bleibt, daſs mit den Händen die Steine darin gesetzt werden. Gewöhnlich macht man das Gewölbe drey Ziegel dick, oder von zwey Schuh hohen Werkstücken, und gebraucht stets Cement oder Traſsmörtel, weil es sonst von dem Bergwasser beschädigt werden müſste, welches durch die Steinfugen dringen würde. 11) Das Gewölbe muſs auf transportablen Lehrgerüsten **) (unter welchen im Nothfall eine Canalbarke durchfahren kann) stückweise gemacht werden, so daſs ein jedes Stück mit einer Verzahnung endigt, in welcher das folgende Stück angesetzt wird. Zu den Spreng - Arbeiten bediene man sich der Bergleute, welche darin gewandt sind, und wiewohl sie einen höhern Tagelohn, als gewöhnliche Arbeiter verlangen, dennoch der Uebung wegen, die sie haben, wohlfeiler zu stehen kommen. 12) Die Breite eines unterirdischen Canals gebe einem Schiffe den nöthigen Spielraum. 13) Zur Ersparung der Kosten könnte man anstatt eines etwa drey bis vier Schuh breiten Ziehweges an der einen Wand, oder an beyden Wänden, eiserne Stangen,

*) Bey dem Canal von St. Quentin muſste eine Dampfmaschine errichtet werden, um das Bergwasser aufzufördern!

**) In Hinsicht der Lehrgerüste verweise ich auf die Brückenbaukunde dieses Bandes.

oder in Hacken befestigte Seile laufen lassen, an welchen die Schiffleute greifen, um sich vorwärts zu ziehen. Eiserne in den Mauern befestigte Ringe sind weniger bequem. Wird ein Ziehweg nothwendig: so setze man auf 8 bis 10 Fuſs Abstand, drey Zoll dicke eiserne Röhren, deren Randdicke zwey Linien betragen mag, in den Canal hinein, und verbinde diese mit einer aus eisernen Röhren, von gleicher Stärke bestehenden Bogenribbe, wie meine Construction der eisernen Brücken (in der Brückenbaukunde) zeigt, über welche eichene Schwellen (zu 8′ Abstand) gelegt werden, die man in die Wand des Gewölbes einläſst. Dadurch, daſs die Säulen oder Träger des Ziehweges in den Canal hinein stehen, wird die Wasserfläche gröſser, als wenn der Canal um des Ziehweges Breite geschmälert ist: folglich weicht das Wasser dem Schiffe leichter aus, und dieses kann also mit geringerer Kraft fortgezogen werden. 14) Solche Canäle müssen entweder durch die Schächte, welche mit einem gegen den Regen und Schnee schirmenden Dach, Thurm oder Gebäude zu umgeben sind, und von Lampen — hinreichend beleuchtet seyn. 15) Es versteht sich, daſs man die Lage des Bodens in der Richtung der Canallinie genau nivelliren müsse, um die Tiefe der Schächte, die auf 300 bis 500 Schuh Abstand gesenkt werden mögen, so wie die Lage der Canalsohle, bestimmen zu können. Die unterirdische Canallinie wird sodann mit der Boussole, so wie die Stollen in den Bergwerken, bestimmt, indem man die Abweichung, welche die Canallinie auf der Erdoberfläche mit der scheinbaren Mittagslinie, die die Magnetnadel angiebt, auf den Boden des Schachtes, und dann in dem von den daraus fortzusetzenden Stollen absteckt. 16) Die Arbeiten sind während der günstigern Jahreszeit, und zur Zeit, wenn das wenigste Bergwasser anzutreffen ist, zu bewirken.

§. 79. Die Ausführung des Unterirdischen-Canals oder dessen oberes Gewölbe kann folgender Maaſsen bewerkstelliget werden, wenn derselbe durch einen Erd- oder Sandboden gehen muſs. Man grabe zuerst eine bogenförmige Oeffnung Fig. 1. Tab. 128. aus, lege unter den Bogen Stroh *a*, unter dieses aber ein Brett *b*, und setze darunter auf die Schwelle *d* die Stütze *c*. Dann wird abermahls mehr Sandgrund (unterwärts) ausgehoben, mehr Stroh *a* (Fig. 2.) unter den ausgehöhlten Boden gelegt, und gegen dasselbe drey Bretter *b. b. b.* gelegt, unter diese aber Stützen *c. c. c.*, gegen eine Schwelle *d* angesetzt, welche eine horizontale Stütze *e* ihre Lage erhält. Jetzt wird die dritte in Fig. 3. dargestellte Arbeit noch tiefer vorgenommen, an deren Rückwand man gleichfalls Stroh *a* legt, um das Abbröckeln ihrer Theile zu verhindern. Dann werden die Bretter *b* von den Stützen *c* gehalten. Jetzt werden die Seitenmauern *A* und *B* des Canals in die dafür gemachten Vertiefungen auf dem natürlichen Grunde oder über einem Schwellrost angefangen, und viertens werden die zwey Lehrbögen *s* und *s′* (Fig. 4. und 5.) auf die Untersätze *u* und *u* (Fig. 4.) errichtet, über welche die Schalbretter *f f* gelegt werden. Nun wird das Gewölbe zwey oder drey Ziegel hoch in einer Länge von drey Schuh, so weit ein Maurer

reichen kann, gemauert. Ist der Cementmörtel angezogen: so werden die Lehrbögen fortgenommen, und nach vorher beschriebener Methode von neuem zu mauern angefangen. Sobald der Canalstollen auf diese Art eine Strecke fortgesetzt ist, so wird der Erdraum *R* (Fig. 4.) bis zu den Widerlagern und der Sohle des Canals fortgenommen. Besteht der Grund aus purem Sande, so belege man die Sohle mit eichenen Planken, die auf zwey vor den Seitenmauern auf Grundpfähle, welche auf 10 Schuh Abstand, mit der Handramme geschlagen werden mögen, zu legenden Schwellen aufgenagelt werden; diese Vorrichtung ist nothwendig, um das Aufquellen des Bergwassers zu verhindern. Es ist in solchem Grunde die Holzdecke besser, als ein verkehrtes äufserst kostbares Gewölbe, dessen Ausführung ich im 2ten Bande S. 638. bey der Ausführung der Pfeiler des Landshuter-Wehres beschrieben habe. Diese Methode, um unterirdische Gewölbe zu machen, wird in einigen Gegenden Baierns bey den Kellern, worin man den Sommer über das Bier aufbewahrt, und die man *Sommerkeller* nennt, mit dem befsten Erfolge, selbst bey dem feinsten Sandgrunde, in Ausübung gebracht.

§. 80. Zu den wichtigsten ausgeführten unterirdischen Canälen mufs die ohnweit Bezieres liegende Strecke des Mittäglichen-Canals, die ich im 2. Bande S. 724. beyläufig erwähnte, und wovon man in Fig. 1 *c* und 1 *d* Tab. 80. die Aus- und Eingänge, in Fig. 1 *b* den Plan, und in Fig. 1 *a* den Längendurchschnitt sieht, gerechnet werden. Als man sich entschlossen hatte: den Canal nach Bezieres zu führen, so wurde die Durchschlagung des zwischen Nissau und Colombier, oder zwischen Bezieres und dem Teich von Cabestang (siehe Tab. 97. die Karte des Mittäglichen-Canals) liegenden Bergrückens nothwendig. Acht und vierzig Schuh tiefer als dieses Gewölbe ist eine 14 Schuh hohe und 8 Schuh breite Wasserleitung *b*, FIC, entdeckt worden; wodurch das Wasser des trocken gelegten Teiches von Montadi abgelaufen ist, die man den Römern zuschreibt, und die noch jetzt zum Entwässerungs-Canal gebraucht wird. Selbst die Schächte, in welchen die aus der Wasserleitung genommene Erdmasse heraufgezogen wurde, sind entdeckt; ein Schacht ist zur Ablassung des überflüssigen Canalwassers (in den Teich von Cabestang), wenn am Canal gearbeitet wird, benutzt worden. Diese unterirdische Canalstrecke soll nach einem auf dem Berge Encerune, den sie durchschneidet, gelegenen berüchtigten Wirthshause *Malpas* benannt worden seyn. Wenn man den Canal hätte oberirdisch führen wollen, so mufste die Bergdecke 78 bis 84 Schuh hoch weggebracht werden, welches grofse Kosten, und höchst wahrscheinlich gröfsere, als die Durchwölbung, verursacht haben würde. Man entschlofs sich daher, nachdem der Canal auf eine Länge von 300 Schuh aus der Anhöhe heraus geschnitten war (wie dies die Fig. 1 *a* u. 1 *b* Tab. 80. zeigen), zur unterirdischen Durchführung auf eine Länge von 510 Schuh. *Riquet* fand auch bey dieser Unternehmung viele Gegner, die sogar niederträchtig genug waren, an *Colbert* zu schreiben: „dafs der Canal verunglückt sey, ja dafs die Unternehmer mit ihm in

einem Sandberg steckten.“ Colberg machte es nicht, wie es häufig geschieht, d. i., er verhehlte diese Schreiben nicht, sondern schickte sie dem Riquet, und versicherte ihm in allen Briefen, „daſs er die Bemühungen der Feinde fruchtlos machen werde, er solle nur nicht den Muth sinken lassen.“ Anfänglich wurde ein 3 bis 4 Schuh breiter, und 6 Schuh hoher Stollen in diesem aus eine Art von Tuf bestehenden Berge gemacht, der nachher erst erweitert ward so daſs der Canal 19 Breite, und an beyden Seiten oder an einer Seite, einen drey Schuh breiten Ziehweg erhielt. Von der Canalsohle angerechnet, beträgt die Höhe dieses Gewölbes 27 Schuh, vom Wasserspiegel zwey und zwanzig. Als der Stollen seiner ganzen Breite nach in den Tufstein glatt ausgehauen war, wurde ein 15000 Livres kostendes hölzernes Traggerüste, nach Art der Lehrbögen bey massiven Brücken oder Gewölben, gemacht. Da dasselbe nach 10 Jahren morsch war, und das Gestein von dem darin enthaltenen Wasser, welches in die zwey nicht hinreichend gedeckten Schächte, die man zur Ausförderung des Erdreichs gemacht hatte, gedrungen war, losbröckelte: so entschloſs man sich zur Durchmauerung des Stollens mit Werkstücken. Da dieses Gewölbe nicht genau an die ausgehauenen Wände geschlossen werden konnte: so wurden, auf 9 Schuh Abstand, neun und zwanzig, drey Schuh dicke verticale Pfeiler (Fig. 1. *a* Tab. 80.), auf jeder Seite, aufgemauert, welche mit Gewölbbögen, mittelst in den Wänden gelassenen Verzahnungen, verbunden sind, gemacht. Ueber dieses Gewölbe lieſs man eine 5 Schuh hohe Gallerie offen, um dasselbe ausführen zu können, welcher Raum um so sicherer stehen bleiben konnte, da die Pfeiler zur Tragung der sonst festen Bergmasse hinreichend stark waren. Diese Gallerie wurde mit einzelnen in Fig. 1. *a* Tab. 80. angedeuteten Bögen, untermauert, und unter diesen ist eine verticale Mauer gesetzt. In jeder von dieser letztern ist ein Eingang oder eine Thüre angebracht, um die Gallerie und das Gewölbe untersuchen zu können. Sollte z. B. auf dasselbe zu viel Wasser fallen, so wurde es mit einem Cementguſs begossen! Von der Ausführung dieses Gewölbes ward die Schifffahrt gar nicht gestört: denn die Gerüste waren so angebracht, daſs ein Schiff ungehindert darunter passiren konnte; die Geräthschaften, so wie die Materialien aller Art, hatte man auf einem Schiffe, das während der Durchfahrt des Postschiffes, aus dem unterirdischen Canal gezogen wurde, gelegt. Die übrigen Schiffe passirten ihn nach den Abendfeyerstunden.

§. 81. Eine zweyte unterirdisch geführte Canalstrecke trifft man bey dem ohnweit St. Quentin vorbeygehenden Canal an. Da wo der Grund aus Kreidefelsen bestand, war die Einfassung der Schächte überflüssig, aber die Erdschichten waren von der Art, daſs sie ohne eine Holzabsteifung nicht stehen blieben. Die Schächte wurden achteckig ausgegraben, und erhielten eine Weite von zehn Fuſs. Fig. 10. Tab. 128. Die aus den Schwellen *a* (Fig. 10 und 11.) den Zangen *b*, den Wandbrettern *c* bestehende, zur Absteifung dienende Verzimmerung, wurde aus denen in Fig. 6. gezeichneten einzelnen Abtheilungen, je nachdem die Aushebung des

Schachtes fortrückte, niedergelassen. Die von einem Rahmen a der einzelnen Abtheilung bis über den Rahmen der nächsten gehenden Zangen b verbinden diese Abtheilungen, und werden daher erst mit hölzernen Nägeln auf die Rahmen, welche etwa 4 bis 5 Schuh entfernt sind, befestigt, wenn die zweyte Abtheilung herunter geschoben ist. Auf der obern Abtheilung ist eine Deckschwelle d (Fig. 11.) gelegt, worüber ein Boden liegt, über welchen die zur Aufförderung des Grundes oder der Steine dienende horizontale Welle, oder ein aus einem an einer vertical stehenden Welle befestigten Kammrade, dessen Zähne in einen Trilling eingreiffen, an dessen Axe zugleich eine Trommel angebracht ist, um welcher sich die die Gefässe aufziehende Kette dreht, bestehender Pferdegöpel, steht. Diese Methode des Einsetzens von dem Rahmen erfordert einen solchen Boden, dessen Theile sich lange halten, bis das Rahmstück mit den Schalbrettern gesetzt ist. Auf einem weichen Boden legt man den achteckigen Rahmen a (Fig. 10.), da wo der Schacht eingehoben werden soll, und schlägt längs demselben die Bretter c etwas in den Grund; gräbt dann, längs dieser Bretterwand, diesen aus, schlägt jetzt diese Bretter wieder ein, und fährt so fort, bis die Abtheilung der Absteifung inwendig von Grund entblöfst ist. Dann wird der ausser dem Schacht abgebundene Rahmen A herab gelassen, hinter demselben die Bretterwand eingetrieben, und so, wie mit der ersten Versenkung, verfahren. Ist diese Abtheilung zu der bestimmten Tiefe herab gesenkt, dann werden beyde Rahmen a, vermittelst den Zangen b, verbunden. Jede solche Abtheilung mag, je nach der Lockerheit des Grundes, und nachdem er Wasser enthält, drey bis acht Schuh lang seyn; denn der mit Wasser geschwängerte Grund sucht die Verschaalung durchzudrücken. Um das Durchdringen des Wassers zu verhindern, kann den Brettern ein Zapfen und Falz gegeben werden, oder man giefst frisch gelöschten Kalch, ja wohl auch einen flüfsigen Cement dahinter, wenn der Grund porös genug ist, um diesen Cement aufzunehmen.

Anstatt dafs die Absteifungsbretter der nächsten untern Abtheilung vor dem Ende der obern vorstehen, können sie auch, hinter einem Rahmstück a, aufeinander stossen, wenn der Grund, vermöge seiner Festigkeit nicht gleich nachsinkt. In diesem Falle giebt man den Brettern eine solche Länge, die den Abstand zweyer Rahmstücke übertrifft. Es wird bey dieser Methode der erste Rahmen a auf den Boden gelegt, dann schlägt man rund um denselben die Bretter immer tiefer, je nachdem man mit der Aushebung des Grundes vorrückt; legt dann den zweyten Rahmen; fährt mit der Aushebung, selbst bis zur zweyten Bretterlänge, fort, und stellt dann die zweyte Bretterwand unter die erstere. Jetzt wird der dritte Rahmen vor dem Zusammenstofs der Cretter gelegt, der 4te auf die Mitte der zweyten Bretterwand, und so wird mit der Aushebung des Schachtes fortgefahren, mit der Absteifung aber eben so wie anfänglich, verfahren. Dergleichen Schächte können auch nach Art der Brunnen ausgemauert werden, wenn sie in der Zukunft zur Einlassung des Lichtes

und der Luft in den Canalstollen dienen sollen. Sind dieselben aber nur zur Aushebung des Grundes an dem Canalstollen angelegt, so mauert man sie oben mit einem gothischen oder Cirkelgewölbe zu, legt über dasselbe ein Bruchsteingemäuer von etwa 10′ hoch, und verschüttet dann den Schacht mit Erde. Will man den Schacht gleich ausmauern, welches jedoch nur in einem Boden, der ohne Absteifung steht, ausführbar ist, so wird nach der im 2ten Bande S. 565 beschriebenen Methode verfahren, wo nur die Randmauer mit Ziegeln aufgeführt wird. Es können solche Schächte, wo es die Natur des Bodens zuläſst, auch nach Art der beym Bergbau üblichen Methode gemacht werden, und ich verweise deſswegen auf *Calvörs* historisch-chronologische Nachricht, und theoretisch-praktische Beschreicung des Maschinenwesens, 2ter Theil, 2tes Capitel, §. 5. u. s. w.

§. 82. Bis jetzt habe ich nichts davon erwähnt: daſs man auf dem Bergwerke zu *Freyberg* in Sachsen mit Erz beladene Schiffe seit vielen Jahren in ein anderes Canalstück, mittelst Flaschenzüge, vertical hinaufzieht und herunserläſst, welches Manöver von dem verstorbenen geschickten Maschinen-Direktor *Mende*, der viele Verfolgungen erlitt, wiewohl er die Canalarbeiten an der *Unsrut* und mehrere Werke mit dem beſsten Erfolge ausführte, erfunden ist. Ferner habe ich noch nicht bemerkt, daſs in England bey den Canälen von *Ketley* und *Schropshire*: schräge Flächen angelegt sind, um darauf die kleinen auf Rollen ruhende Boote herunter zu lassen, und heraufzuziehen. *Foulton* hat über diese Methode ein Buch geschrieben (Recherches sur les canaux et la perfection des canaux, à Paris) und hält dafür, daſs die Herablassung der Boote, in verticalen Schächten, vor ihm nicht bekannt war, er will damit und mit den schrägen Flächen, die Schleusenfälle gänzlich entbehrlich machen, und lauter kleine Canäle und Boote von 2 bis 6 Schuh breit gebraucht wissen. Der Aufzug des Schiffes in solchen verticalen Schächten oder auf Schrägen-Flächen kann durch das Herablassen eines hinreichend schweren Wassergefässes, welches in einen andern Schacht herabfällt, bewirkt werden: die daran befestigte Kette mag über eine auf dem Gipfel der schrägen Fläche, die aus Holzunterlagen, gewölbten Bögen oder aus Eisenstangen besteht, angebrachte groſse Trommel aufgewickelt werden, deren anderes Ende an das heraufzuziehende Boot befestiget ist. Das schnelle Herabrollen des mit Walzenrädern versehenen Bootes zu mäſsigen, dazu mag auf diese Trommel eine Bremse, wie sie im 2ten Bande bey den Windmühlen beschrieben ist, anpressen. Bereits 1783 machte der Engländer *Edmond Leich* den Vorschlag: zur Hebung der Schiffe über eine schiefe Fläche oder durch einen Schacht, sich eines Wasserrades, das von dem an der Obern-Canalhaltung fallenden Wasser in Bewegung gesetzt werden kann, zu bedienen, so daſs sich das an das Schiff befestigte Seil um eine Welle aufwickelt.

So allgemein, wie Foulton will, können diese Methoden niemals bey Canälen angewendet werden, *a*) weil die zwischen zwey Schächten liegenden, stets stehenden,

Canalhaltungen bald stinkendes Wasser erhalten müfsten, da der Ab- und Zuflufs unbedeutend ist. *b*) Das Manövre, durch das Brechen der Vorrichtungen, ins Stocken gerathen kann, wo alsdann die Fahrt aller nachkommenden Boote gehemmt wäre. *c*) Das Herabsinken in verticalen Schächten und das Abgleiten auf schräge Flächen zu viel Zurückschreckendes hat, als dafs Kaufleute und Reisende sich und ihre Waaren diesen Manövre gern anvertrauen sollten. Sie kann also nur daselbst eine Anwendung finden, wo kleine Canäle, der Bergwerke und Fabriken wegen, angelegt werden, der nöthige Wasserbedarf zu den Schleusengängen fehlt, auch sehr hohe Fälle oder steile Bergwände zu übersteigen sind, und wo dennoch stets einiger Wasserzuflufs zur Mischung mit dem in solchen Canalstücken stehenden Wasser statt findet. Die Schrägen-Flächen sind auch keine neue Erfindung: denn man hatte sie längstens bey den sogenannten Rollbrücken (*walzenflächen*) daselbst angewendet, wo das Wasser zur Füllung einer Kammerschleuse nicht in hinreichender Menge vorhanden war, und noch jetzt sind dieselben in Nordholland im Gebrauch, wo sie *overtoons* heissen. Eine solche Rollbrücke besteht aus zwey schrägen Flächen, die um den Fall zwischen der obern und untern Canalhaltung steigen, und einen Plankenboden haben, über welche die in Zapfenlagern beweglichen Walzen quer überliegen, und worüber die Schiffe hingleiten. Die verticale Höhe jeder Fläche mag sich wenigstens, wie der bey Schiffs-Hellingen, zur Länge wie 1 : 22 verhalten, um bey den Aufzug des Schiffes nicht zu viel Kraft anwenden zu müssen. Dieser Rücksicht wegen, sind die Walzen eine Stunde über in Oel zu sieden, und die Zapfenlager zuweilen mit Oel und Talg einzuschmieren; aber diese Walzen müssen, während man sie in Oel siedet, zwischen Zwingen gehalten werden, damit sie sich nicht werfen. Zum Aufziehen der Schiffe werden, an beyden Seiten der Walzenflächen, Erdwinden und Flaschenzüge angebracht, von welchen letztern eine Rolle an jeder Seite des Schiffsrumpfes befestiget wird. Zuweilen wird auch über dem, selbst aus einer Walze bestehenden Sattel der Rollbrücke, ein Gerüst-Rahmen aufgestellt, auf welchem quer über eine Welle liegt, die an einem oder an beyden Enden ein Haspelrad hat, durch dessen Umdrehung sich das Zugseil darauf wickelt. Eine Vorrichtung, die aber den Durchgang der Schiffe mit Masten verhindert. Zu dem Aufziehen grofser Schiffe kann das im 2ten Bande S. 466. beschriebene Zugwerk gebraucht werden. Da die Canalschiffe einen flachen Boden haben, solche Walzenflächen nicht kostbar sind, so wird man sich ihrer bey einem Fall, von zwey bis fünf Schuh, und da, wo es an Wasser zur Füllung der Kammerschleusen fehlt, mit Nutzen bedienen können, wenn ihr Sattel nicht scharf ist, sondern aus einer grofsen Walze besteht, damit das darauf überkippende Schiff nicht leide. Sie sind in Belidors Wasserbaukunst §. 1062., und in Sturms Abhandlung von den Schleusen und Rollbrücken gezeichnet.

§. 82. Der englische Ingenieur Reynolds verband mit der Kammerschleuse eine schräge Fläche, indem er an dem Gipfel dieser letztern jene etablirte. Das Schiff

glitt auf ein auf Walzen gestelltes Unterlager, welches an einer Kette befestiget ist, die sich um eine Winde dreht, woran eine zweyte Kette und ein Unterlager ist, welches letztere bey der untern Canalhaltung liegt. Diese zwey Unterlager oder Wagen steigen und fallen abwechselnd über zwey Coulissen oder schräge Flächen, vermittelst des Gewichtes vom beladenen Schiffe. Fulton hat diese Methoden in der oben angeführten Schrift, weiter ausgeführt. Seit Fulton hat der russische Ingenieur-General Bétancourt das Manöver beym Aufsteigen und Niederlassen der Schiffe durch verticale Schächte und über Schräge-Flächen sehr verbessert, und wer sich davon unterrichten will, der findet darüber in dem Recueil de divers mémoires par le Sage II. partie p. 124. etc. diejenigen Aufschlüsse, welche die Kupfer dieser Wasserbaukunst kostbarer machen würden.

§. 83. Ist nun ein Canal vollendet: so bedecke man anfänglich dessen Sohle mit trübem Wasser, ohne ihn schnell zu füllen, weil sonst das Bett angegriffen würde. Es mufs daher die Einlassung des Wassers in den Canal nach und nach geschehen, welches auch bey den Leitgräben zu beobachten ist. Schlürft das Bett dessen vieles ein, so schwemme man es mit Material aus, indem eine lange Zeit über trübes Wasser eingelassen wird. Aus dieser nothwendigen Maafsregel folgt auch: dafs die im porösen Boden zu liegenden Canalhaltungen früher angelegt werden müssen, als die in einem festen Boden gelegenen, damit sie anschlämmen, und die Durchseigung des Wassers nach geöffneter Schifffahrt unbedeutend sey. Wie man diese Filtration auch durch andere Mittel verhindern könne, habe ich bereits gezeigt.

In öconomischer Hinsicht lege man auch diejenigen Canalabtheilungen zuerst an, welche dem Theilungspuncte am nächsten sind, oder die mit Wasser gefüllt werden können, und bey denen Bauholz und Material aller Art in der Nähe ist, damit man dasselbe, während dem Bau der Schleusen, Brücken u. dergl. Werke, wiewohl er in andere Canalhaltungen vorfällt, wohlfeil transportiren könne, und diese die geringste Wassermasse empfangenden Canalabtheilungen bereits ein festes und dichtes Bett erhalten haben, wenn die tiefer liegenden und von den Bächen und Flüssen mehr Speisewasser empfangenden, mit Wasser gefüllt werden. Auch diejenigen Canalstrecken, welche, nachdem darin das nöthige Speisewasser eingelassen ist, zum Verkehr vortheilhafter, als andere liegen, mögen zuerst ausgeführt werden. Es versteht sich, dafs man aus diesen einzelnen Canalhaltungen das Wasser seitwärts ablassen, und deswegen die nothwendigen Ableitungsgräben anlegen müsse. Endlich müssen die durch Moorgründe und Moräste zu führende Canalabtheilungen erst alsdann vorgenommen werden, wenn aus denselben, ein Jahr zuvor oder noch länger, die Grundwässer, mittelst Austrocknungs-Gräben oder Abbohrungen (siehe 2ten Band), ausgezogen sind, um die Canalsohle und Canalufer compacter zu machen, den Canal aber regelmäfsig ausheben, und seine Ufer sichern zu können.

§. 84. Soll der Canal nach einigen Jahren hie und da ausgeräumt werden, so mufs man die zu räumenden Bezirke mit Fangedämmen abschliefsen, um nicht unnützer Weise das Wasser zu verlieren. Dieser Absicht wegen, werde, der Canal an mehreren Stellen (etwa auf 24 Fufs) mit gemauerten Ufern versehen, um darin vier Nuthen für den Fangedamm anzulegen. Diese Vorrichtung mag oberhalb und unterhalb den Schleusen-Thoren und Durchlässen, in den Brückwasserleitungen, bey den Ueberfällen und Brücken, ja auch in der Mitte langer Canalhaltungen angebracht seyn, um stets im Trockenen die nöthigen Ausbesserungen des Canals vorzunehmen.

§. 85. Alle bis jetzt vorgetragenen Grundsätze und Maximen werden den Wasserbaukundigen, nach vollendeter Untersuchnng des Canals, in den Stand setzen, die Canallinie vortheilhaft zu bestimmen. Die Wahl der Canallinie zerfällt *a*) in die generelle, und *b*) in die specielle. Jene begreift die Möglichkeit von der Führung des Canals durch diese oder jene Gegend, welche aus der Untersuchung von dem Lauf der Gewässer, und dem Zuge oder der Länge der Berge und Abhänge entsteht. In der That wird die Topographie der Gegend von einem solchem Ingenieur, der mit Fertigkeit eine topographische Karte aufzunehmen im Stande ist, leicht erkannt und richtig beurtheilt. Er wird einsehen 1) ob der Anlage eines Canals nicht solche Schwierigkeiten entgegen stehen, die die Wasserbaukunde nur mit dem Aufwande ungeheurer Summen überwinden kann. 2) Ob aus welchen Teichen, Bächen, Flüssen oder Thälern die Speisewässer gesammelt und abgeleitet werden mögen, und wie die Leitgräben zu ziehen sind. 3) Welche Richtung der Canal nehmen müsse, wo dessen Theilungspunct hinzulegen sey. 4) Wo ihn andere Gewässer durchkreutzen, und woher die Baumaterialien zu nehmen sind. Nach diesem Verfahren sind in England die Canallinien anfänglich aufgesucht worden! Ist diese topographische Untersuchung vollendet, so mufs eine specielle folgen, d. i. eine genaue topographische Karte aufgenommen werden. Nach dieser, nach dem Laufe der Flüsse und Bäche, nach denen vorhandenen Teichen, so wie dem Abhange und der Figur der Berge, und endlich nach der Lage der Ortschaften, wird dann die Canallinie beyläufig angegeben. Jetzt wird zu dem Nivellement der Gegend, und vorzüglich derjenigen, die in der Nähe der ausgewählten Canallinie liegt, geschritten. Es werden ferner Sondirungen des Bodens, hydrometrische Messungen der Speisewässer, vorgenommen! Dann erst, nach allen diesen und nach Berücksichtigung der vorgetragenen Grundsätze, wird die Canallinie bestimmt. So wird man alle diejenigen Fehler vermeiden, die bis jetzt bey den meisten Canälen angetroffen werden.

Leider hat aber die specielle topographische Aufnahme der Gegend bey allen Canälen gefehlt, denn sogar vom Mittäglichen-Canal ist bis jetzt keine genaue topographische Karte, selbst die von Garipuy verfafste nicht ausgenommen, vorhanden. Ich verstehe hiemit eine solche Karte, auf welcher die Formen und Abdachungen der Berge, der Natur treu angegeben sind. Und doch ist die Darstellung der Berge

das wesentlichste einer topographischen Karte, die zu keinem Behufe nützlicher ist, als zur Anlage eines Canals! Der Mangel solcher Canalkarten wird Demjenigen nicht wundern, der es weis: dafs noch gegenwärtig die Art der getreuen Darstellung von den Bergen und sanften Abdachungen so wenig bekannt, und in Ausübung gebracht ist! Der Mangel richtiger topographischer Karten und Nivellements hat indessen ohne Zweifel bey dem Canalbau grofse Fehler entstehen machen, ja er ist die Ursache, dafs mit den meisten Canälen schon in den ersten Jahren wesentliche und kostbare Veränderungen haben gemacht werden müssen. Selbst die neuesten Canäle sind davon nicht frey. So mufste auf dem Canal du Centre bey der Schleuse Nro. 30., nach seiner Vollendung, noch eine Schleuse angelegt werden, weil beym Nivellement der Canallinie ein Fehler begangen worden war. Bey dem Oestreichschen-Canal hat man bedeutende Canalstrecken umbauen müssen! Bey den vor einigen hundert Jahren angelegten Canälen ist so etwas zu entschuldigen: denn den Ingenieurs der damaligen Zeit fehlte es an guten Vorgängern, und die richtige Darstellung der Berge war noch unbekannt. Wie man im siebenzehnten Jahrhundert darin noch zurück war, zeigen alle damaligen Karten, insbesondere aber diejenige des Mittäglichen-Canals, welche der Ingenieur Andréossy entworfen hat, und die in der Histoire du Canal du midi par Andréossy bekannt gemacht ist.

Also zerfallen die Vorbereitungs-Untersuchungen des Locals, in fünf Abtheilungen: *a*) in die örtliche Besichtigung des Locals, *b*) in die topographische Aufnahme der Gegend, in welcher die Canallinie und die Speisewässer, aller aus der örtlichen Kunde hervorgehenden Wahrscheinlichkeit nach, gezogen werden können. *c*) In das Nivellement der Gegend, und zwar in der Nähe der beyläufig gewählten Canallinie. *d*) In die Sondirung des Bodens, und endlich *e*) in die hydrometrischen Messungen der Speisewässer, während dürrer Jahreszeit und den Regenzeiten; denn bey letztern müssen die Bassins gefüllt werden. Ist dann die Canallinie bestimmt: so wird der Boden, ihrer Länge nach, wenigstens zweymahl nivellirt. Die Niveau-Puncte müssen an Bäumen, Häusern oder tief versenkten Steinen angezeichnet werden. Das ganze Nivellement aber, so wie die Höhe der Schleusendrempel, die Lage der Canalsohle, kurz aller nach dem Niveau zu bestimmenden Anlagen, sind in dem nach einer General-Côte (nach *einer* Horizontallinie) aufzutragenden Längenprofil zu verzeichnen, deren Lage man dem höchsten Wasserspiegel des Theilungs-Punctes gleich setzen mag. Uebrigens ist es merkwürdig: dafs von einigen Canälen, selbst von dem Mittäglichen, die genauen Nivellements fehlen, denn in der Geschichte dieses Canals (von Andréossy) kommen verschiedene Angaben des Falles und der Länge vor. Ja ich habe vor einigen Jahren die Anlage eines mehrere Millionen kostenden Canals zu untersuchen gehabt, bey dem es an einer genauen Karte und einem genauen Nivellement fehlte! Man wollte schon über seine Fortsetzung entscheiden, wiewohl weder die topographische Aufnahme der Gegend, noch das specielle Nivellement vollendet waren.

§. 86. Ohne Zweifel wird sich der Leser aus dem Vorgetragenen überzeugen: daſs eine fehlerfreye Anlage der Canäle viel Ueberlegung, gründliche Kenntniſs vom Canalbau, Erfahrung in der Fluſsbaukunde, und die Kunst, genaue topographische Karten aufzunehmen, die Gewässer nach allen Absichten mit Oeconomie zu leiten; die Schleusen, Wehre, Durchlässe, Brück-Canäle und Ablässe mit Erfolg zu bauen, so wie Dämme vollkommen aufzuführen, und die Canalschiffe zweckmäſsig zu construiren, erfordert. Es ist leicht gesagt: „man sollte den Fluſs *a* mit dem Flusse *b*, mittelst eines Schifffahrts-Canals, verbinden, und Einige halten eine von solchen im Canalbau gänzlich unwissenden Personen angegebene Idee für eine merkwürdige Erfindung; wenn aber die vorne aufgestellten Grundsätze erwogen werden, und man bedenkt, wie viel Kenntnisse zu ihrer Anwendung gehören, so dürfte der Leser anders urtheilen. Der Erfinder eines Canals ist derjenige, welcher den Weg und die Gröſse seiner Rigolen, die Lage und Gröſse der Bassins, die Richtung der Canallinie, die damit in Verbindung stehenden Schleusen, Wehre, Durchlässe, Aquäducte, Brückwasserleitungen und Dämme angiebt!

§. 87. Bey Ausführung der Canäle stossen dem Ingenieur viele Schwierigkeiten auf. Erstens betrachten die habsüchtigen Müller alle Gewässer als ihr Eigenthum; wenn ihre Mühlen gleich zweckwidrig eingerichtet sind, und kaum $\frac{1}{10}$ des flieſsenden Wassers bedürfen, welches ihnen zu Gebot steht, so soll dennoch der Staat jede Ableitung des Wassers theuer bezahlen. 2) Einige Grund-Eigenthümer oder Gemeinden gerathen jetzt auf einmahl auf die Idee: die zur Speisung des Canals bestimmten Gewässer zu Bewässerungen zu benutzen, woran sie vor Anlage des Canals nicht gedacht hatten, und nehmen alle diese Gewässer in Anspruch, wiewohl ein Theil davon hinreicht. 3) Die Reichen wollen diese Gewässer für ihre Gärten benutzen, die Klöster für die ihrigen; kurz, man fordert nicht selten für den Gebrauch der Gewässer, und für die zum Canal erforderlichen Grundstücke das Zehnfache des wahren Werthes. Diese Gemeinde will den Canal ihrem Orte vorbeygeführt wissen, die nächste will ihn entfernt haben; jener vielvermögende Landbesitzer will ihn durch seinen Park gezogen, der Nachbar hingegen ihn bey seinem Schlosse vorbey geleitet wissen. Die Müller und Grundeigner sind dagegen, weil die Zufuhr des Getreides durch denselben erleichtert wird; die Fuhrleute sehen ihr Gewerbe durch die Erleichterung des Transportes erschwert, und endlich sind alle nichtswürdigen Intriganten und Neider dagegen. Kurz, es treten Menschen aus allen Ständen gegen die Anlage eines Canals auf; sie suchen die Arbeiten zu hindern, zu vertheuern und zu verläumden, um die Regierung wankend zu machen; ja, unter allerley Vorwänden bringen sie die Justizstellen ins Spiel! Von mehreren Behörden werden die Angaben der Müller als Orakel betrachtet; Entschädigungen für Gewässer zuerkannt, über deren Benutzung nur der Staat disponiren kann, und die Niemanden verloren gehen, noch die Gewerbe stören. Die Wasserbaukundigen, welche die Anlage als Staatsbeamte

machen, werden wie eine Parthey behandelt, und nicht selten von den Behörden, deren Pflicht es ist, dieselben zu unterstützen, verhöhnt. Das Privat-Eigenthum wird von diesen Behörden mit Affectation hoch geehrt, während sie das öffentliche Eigenthum, wozu ein Canal gezählt werden muſs, und, woran jeder Staatsbürger Theil hat, gleichsam mit Füssen treten! Man sucht vergeblich in den Gesetzbüchern bestimmte, deutliche und den Maximen der Canalbaukunde entsprechende Gesetze: über die Benutzung des Bodens und der Gewässer zu Canälen, wiewohl dieselben sehr wünschenswerth sind, und eine Menge Processe verhindern würden. Gehet dann die Canalarbeit an, so sind die dagegen Aufgebrachten bemühet: alles davon abzuhalten; unerhörte Tag- und Fuhrlöhne zu fordern, wie dieses beym Mittäglichen-Canal geschehen ist. Doch diesem kann man mit Anwendung des Militärs und der Regie-Fuhrwerke begegnen! Alles dieses haben zwey Canalgesellschaften noch in den neuesten Zeiten erfahren. Endlich versagen inconsequente Minister oder Gesellschaften, die nöthigen Fonds, gerade zu einer Zeit, wenn die Arbeiten mit Anstrengung betrieben werden sollten; dann stürzen einige Theile des Canals wieder ein, das Werk wird vertheuert, sein Gebrauch verzögert, und auf diese Weise wird entweder aus Absicht, Gleichgültigkeit oder Unwissenheit, der Director des Canals gleichsam mürbe gemacht, und überdies mit unnützen Berichtserstattungen, Geschäfts-Neckereyen und Chikanen aller Art gegeisselt. *Alles dieses trift leider häufig auch bey andern Bauunternehmungen ein!*

§. 88. Zu den Vorbereitungen der Canalarbeiten gehört ferner: 1) daſs der General-Director geschickte, gut zu bezahlende Inspectoren und Ingenieurs anstellt, und die Local-Bauinspectionen in Beziehung auf den Canal und Schleusenbau zweckmäſsig organisirt. 2) Die Regierung oder Private müssen eine Canalbau-Kasse etabliren, worauf nur auf Anweisung des General-Directors, oder im Allgemeinen, auf Contrasignirung des Local-Baudirectors oder der Local-Bauinspectoren die laufenden Ausgaben bezahlt werden mögen. 3) Die Bau-Kasse muſs stets mit der nöthigen Baarschaft auf zwey Monathe im Voraus versehen seyn. 4) Ehe die Arbeit beginnt, müssen den wahren Bedürfnissen sich nähernde Kostenanschläge, welche je nach den verschiedenen Baugegenständen, als nach den Schleusen, Dämmen, Brücken, Durchlässen u. s. w. in besondere Abtheilungen zerfallen, gemacht werden. 5) Es muſs für die Herbeyschaffung der die Arbeit erleichternden Geräthschaften und Maschinen, und der beſsten Baumaterialien aller Art, die nur aufzufinden sind, gesorgt werden. 6) Man muſs geschickte Werkmeister, Magazinverwalter und Bauaufseher anstellen; erstere sollten vorzüglich geübte Zimmerleute, Maurer und Schlosser seyn, und bereits bey groſsen Brücken- und Schleusenbauten gearbeitet haben. 7) Wo möglich, muſs man eigene Ziegeleyen, Kalchöfen und Schmiede etabliren. 8) Zu den Maschinen und Geräthschaften geschickte Wagnergesellen und Schmiede anstellen. 9) Damit der Preis der Fuhrlöhne nicht übertrieben werden könne, und der Bau nicht von

den Pferdebesitzern der Gegend abhängig gemacht werde, so ist anfänglich ein eigenes, aus Wippkaren Tab. 84. Fig. I. bestehendes Fuhrwerk, einzuführen. 10) Zu der Erdarbeit ist, wenn es seyn kann, das Militär zu gebrauchen, und dasselbe werde nach der Cubikklafter bezahlt. 11) *Alle Arbeiten müssen in der Regie* geschehen, ausgenommen davon mögen einzelne Theile der Schleusen und Erdarbeiten, so wie die Beyschaffung der Materialien seyn; dies kann an einzelne Werkmeister, Arbeiter und Lieferanten verdungen werden; nie müssen aber einem Entrepreneur ganze Abtheilungen des Canals überlassen bleiben. 12) Von den Arbeiten führe der Ingenieur zwey Journale, das eine sey bauwissenschaftlichen, das andere polizeylichen und öconomischen Gegenständen gewidmet. Darin ist der Fortgang von der Arbeit, die Hindernisse und Schwierigkeiten, die Beobachtungen und Erfahrungen aller Art, täglich oder wöchentlich, von jedem inspicirenden Ingenieur einzutragen; das zweyte Journal mufs den öconomischen Theil des Baues begreiffen, und eine Uebersicht von den Kosten der verschiedenen Arbeiten, in Beziehung auf Flächen- und Körper-Maafs, darstellen. Dieses letztere ist von dem Bauinspector und dem Controlleur gemeinschaftlich zu verfassen. Die Anstellung der Local-Baubeamte und Werkmeister mufs von dem General-Director, der den Canal entworfen hat, oder von jedem andern Ingenieur, der den gutgeheissenen Entwurf des Canals ausarbeitete, abhangen, weil sonst kein glücklicher Erfolg zu erwarten ist!

§. 89. Eine dritte Abtheilung der Geschäfte, begreift das staatsrechtliche und die Polizey des Canales. Es mufs nämlich der Canalbezirk bis auf die dem Local und der Canal-Anlage entsprechenden Entfernung, von den Canalufern ausgedehnt werden, und als ein Eigenthum der Canal-Anlage, worauf weder Jagd-Gerechtigkeiten, noch irgend ein Servitut oder Lehen ruhen mufs, bestehen. Vor der Anlage des Canals mufs die Regierung ein Gesetz vorschreiben, welches über folgende Gegenstände entscheidet. *a*) Ueber die Entschädigung der zum Canal, zur Erzeugung der Ziegelsteine, zu Communications-Wegen und zu Wasser-Ab- und Zuleitungen, zu den Ziehwegen, Dämmen, Bassins und Rigolen erforderlichen Grundstücke, welche nach einer billigen Taxe bezahlt werden. *b*) Ist zu entscheiden: über die Benutzung und Vergütung der Speisegewässer. *c*) Ueber die Concurrenz der Flufsangränzer zu den zum Behuf des Canals zu bewerkstelligenden Anlagen, woraus dieselben, in Rücksicht der Uferlande und der Bewässerung, oder des Absatzes ihrer Producte und Fabrikate, wesentliche Vortheile ziehen. *d*) Ferner ist zu verfügen: über die Beyträge in die Canalbau-Kasse, von seiten der betreffenden Grundeigner, wenn der Canal einen Morast oder Sumpfbezirk austrocknet und verbessert, oder Ländereyen, Wiesen und Waldungen einträglicher macht. *e*) Ueber die Entschädigung, wenn vom Wasser getriebene Maschinen versetzt werden oder aufhören müssen: denn nur in diesem Fall, und wenn die Bewässerungen leiden, kann mit Recht eine Entschädigung für den Gebrauch der Gewässer hergegeben werden. *f*) Ueber die des

Ackerbaues und des Verkehres wegen über den Canal anzulegenden Brücken, die der Canalbau-Commission zustehen. *g)* Ueber das Recht, den Canal überall hinzuziehen, wo die bauwissenschaftlichen Grundsätze und die Localität es nothwendig machen, wobey denn das der Entschädigung wegen verfaſste Gesetz sehr bestimmt seyn muſs. Es ist merkwürdig, daſs in England, wo das Privateigenthum mit groſser Sorgfalt geschützt wird, den Canalbau-Unternehmern, von seiten der Grundeigner, keine Schwierigkeiten gemacht werden, und daſs Niemand solchen das öffentliche Wohl befördernden Anlagen, Rechtshändel und Chikanen in den Weg stellt, während in Teutschland dieser Fall leider oft eintritt. Doch dies kann nur in solchen Staaten geschehen, worin man das allgemeine Beſste gering schätzt, und das öffentliche Eigenthum, welches, wo möglich, noch kräftiger von den Gesetzen geschützt seyn sollte, als das Privateigenthum, allen Chikanen elender Intriganten und Egoisten Preis giebt! *h)* Es muſs auch vor Anlage des Canals der Preis des Holzes bestimmt, und das Brechen der Steine gegen den Pacht, welcher herkömmlich ist, erlaubt seyn. *i)* Aus den Waldungen der Regierung muſs das Bauholz zu billigen Preisen hergegeben werden, und die Eigenmächtigkeit der Forstbeamten — welche, um Procente zu beziehen, oder sich mit groſsen Einnahmen, bey der Verwaltung, ein Verdienst zu erwerben, daher das zu den Aerarialbauten erforderliche Holz hoch ansetzen, während die Privaten keinen Heller mehr, als den laufenden Preis bezahlen, — ist in Schranken zu halten. Endlich ist eine Canal-Polizey zu bestimmen: wodurch aller Frevel, die Beschädigungen oder Beeinträchtigungen des Canals und der daraus flieſsenden Einkünften, so wie in Hinsicht dessen Benutzung selbst, verhindert werden. Ja die Regierung wird wohl thun, die Canalfahrt von den gewöhnlichen Zöllen zu befreyen, und stets muſs sie dahin trachten, daſs dieselbe nicht $\frac{1}{3}$ des Landtransportes betrage.

Alle über die obigen Puncte sich ergebenden Streitigkeiten sollte ein aus dem Local-Baudirector oder dem Local-Bauinspector, der Districts-Justiz und Polizeybehörde und einigen Schätzmännern *) zusammen gesetzte Commission zu schlichten haben, und von dieser möge die Appellation (oder in zweifelhaften Fällen die Berichte) an das Ministerium einkommen, von dem sie an eine aus dem General-Director des Wasserbauwesens, aus zweyen obersten Justizräthen unter Vorsitz des Ministers bestehenden Commission gelangen mögen. Kurz! nach der jedesmaligen eingeführten Geschäftsbehandlung, müssen solche Normen vorgeschrieben seyn, nach denen das so mühsame Canalbauwesen nicht verzögert, wohl aber befördert wird.

§. 90. Der unter dem General-Director stehenden Local-Bau-Commission muſs die Errichtung der Post- und Marktschiffe; das Recht der Fischerey und des Eisverkaufes; die Benutzung der auf den Dämmen, Ufern und Nebengräben wachsen-

*) Diese mögen gewählt werden: einer von dem Local-Baudirector; der zweyte von dem Eigenthümer, und der dritte von der Local-Justizbehörde oder von dem Ministerium.

den Gräsereyen, so wie der angekauften Ländereyen, zustehen, und wo möglich, vom Staate eigene Waldungen, Ziegeleyen, Steinbrüche und Kalchöfen, nicht nur zum Bau, sondern auch zur Erhaltung des Canals angewiesen werden.

Bey der Entschädigung der zum Canal und zu dessen Anlagen aller Art, so wie zur Ausbreitung unfruchtbarer, aus dem Canal genommener Erde, erforderlicher Grundstücke, ist immer festzusetzen, *a*) daſs das Aerarium für deren Wegnahme, ohne Ersatz, darauf Verzicht thue, weil die Anlage zum Beſsten des Staats geschieht; *b*) daſs die Besitzungen der Communen unentschädigt bleiben, weil die an den Canal stoſsenden Gemeinden gröſsern Nutzen, als die übrigen daraus ziehen. *c*) Keinem Grundeigner, selbst dem geschmeidigsten Hofgärtner sollte es erlaubt seyn, die Beyfuhr der Materialien zum Bau und zur Unterhaltung, durch Parks und über Grundstücke zu versagen, wenn die Canalbau-Commission die bestehenden Wege, so viel solche von dem Fuhrwerke verdorben werden, ausbessert, oder den aus dem Gebrauch der Gründe erwachsenden Schaden ersetzt. Wer viele Bauten dirigirte, der wird die Wichtigkeit dieser Bestimmung nicht verkennen.

§. 91. Dieses sind die Hauptansichten, nach denen jede Regierung, die einen Canal anlegen will, bestimmte Normen von den dazu geeigneten Behörden ausarbeiten lassen und sanctioniren sollte, und ich theile hier einen Gesetzes-Entwurf mit, den ich bey Gelegenheit meines über den, von der Elbe nach der Weser anzulegenden Canal, gemachten Vorschlages, ausgearbeitet hatte. Dieser am 2. December 1808 gemachte Entwurf lautet nach der voraus gegangenen Einleitung so: 1) Niemand kann sich weigern: den zwischen der Elbe und Weser anzulegenden Canal, dessen Rigolen, Canaldämme, Ziehwege, Ableitungs- und Parallel-Gräben und Wege zum Transporte der Baumaterialien, über seine Grundstücke, gegen eine billige Vergütung, gehen zu lassen, noch die Anlage der zur Speisung des Canals erforderlichen Bassins zu hindern, weil von dem Canal der gesammte Staat, und vorzüglich einige Kreise, Vortheile ziehen. 2) Wegen Benutzung derjenigen Grundstücke, Gebäude und Maschinen, welche zu dem zur Schiffbahrmachung der *Ohre* und *Aller*, so wie zur Leitung der Speisegewässer, zu den Bassins, zur Beyfuhr der Baumaterialien, zu den Ziehwegen, Canaldämmen und Ableitungsgräben, so wie zu Schiff- und Werkplätzen, den Magazinen, Werkhütten und Wohnungen der bey dem Canal anzustellenden Beamten und Aufseher; kurz, zu allen Werken und Attributen des Canals, gebraucht werden, wird Folgendes festgesetzt: *a*) Für alle Grundstücke, welche dem Aerar gehören, wird von der Canal-Kassa keine Entschädigung geleistet, weil der Canal zum Beſsten des Staats angelegt wird. *b*) Die Besitzungen der Communen und Korporationen werden nicht vergütet, weil die an den Canal anstossenden Communen und Korporationen gröſsern Nutzen aus dem Canal ziehen, als die übrigen. *c*) Die-

jenigen Grundeigenthümer, deren Grundstücke durch die Verbesserung der Flüsse Ohre oder Aller, oder durch die Anlegung des Canals oder der Speisecanäle ein eben so grofser oder noch gröfserer Vortheil, in Hinsicht ihres jährlichen Ertrages, zugeht, als diejenigen Grundstücke werth sind, welche zum Canal, zur Schiffbahrmachung der Flüsse, oder zu den Speisecanälen und Wegen genommen werden, erhalten keine Entschädigung, und nur in dem Maafse einen Ersatz, als sie wirklich an Ertrag von ihren Grundstücken verlieren. 3) Die Besitzer der Mühlen und vom Wasser getriebenen Maschinen, welche durch die Entziehung des zum Canal nöthigen Wassers einen erwiesenen Verlust haben, werden, nach Maafsgabe der entbehrten Einkünfte, entschädigt. Bey dem Entschädigungsgesuche mufs jedoch bewiesen werden *a*) dafs der Besitzer die Mühle oder Maschine vor Anlegung des Canals eben so lange Zeit im Jahr hat benutzen können, als er gegenwärtig ihren Gebrauch in Anspruch nimmt. Damit aber deswegen alle Irrungen möglichst verhütet werden, so soll, vor Beendigung des Canals, wegen jeder Mühle, deren Gewässer zum Canal in Anspruch genommen wird, ein gerichtliches Protocoll über die Anzahl von Tagen, an welchen dieselbe, gewöhnlich des Jahrs über, im Betriebe ist, abgehalten werden, und diese Angabe ist durch die Canal-Baubeamten, bey den verschiedenen Wasserständen, bey welchen die Mühle in Gang gehalten wird, zu verificiren. Mufs eine Mühle weggebrochen werden, so ist das Capital dergestalt zu ersetzen, dafs der reine Ertrag zu 5 pro Cent berechnet werde. Wegzubrechende Gebäude und Gärten werden nach der Taxe vergütet. Für solche baufällige Gebäude aber, die den Einsturz drohen, findet kein Ersatz statt, sondern nur für das Grundstück, worauf dasselbe steht, es sey denn, dafs darauf eine Gerechtsame ruhte; denn das Gebäude mufste ohnehin neu erbaut werden! Bey Abschätzung der Mühlen und von Wasser getriebenen Maschinen ist zu untersuchen: ob die Mühle oder Maschine im legalen Wege angelegt worden, oder ob dieselbe nicht in Hinsicht des gemeinen Wohls weggerissen werden müsse; wenn sie z. B. die obern Gegenden durch Ueberschwemmung deteriorirt, und keine obrigkeitliche Erlaubnifs wegen ihrer Anlage und der Höhe des Fachbaums existirt; ob endlich die Mühle nicht an dem Umlauf der Schleuse etablirt werden kann, welche Versetzung auf Kosten des Canalbaues geschehen mufs. 4) Die Taxe der Vergütungen kann nur nach dem Werthe bestimmt werden, als wenn der Canal nicht existirt, durch dessen Anlage nothwendig der Werth der Grundstücke und Gebäude steigt. 5) Nach den oben aufgestellten Grundsätzen wird das, des Canalbaues wegen, von den bezahlten Grundstücken abgefällte Holz nach der Taxe vergütet. Die Communen, Korporationen und Privaten, welche keine Entschädigung erhalten, können das Holz abhauen und wegfahren. 6) Die zu Steinbrüchen und Ziegeleyen zu verwendenden Grundstücke sind nach einer billigen Schätzung zu bezahlen, wenn die Canal-Baudirection die Steine und den Kalch nicht für billige Preise erlangen kann.

Sind die Steinbrüche bereits eröffnet, so werden die daraus genommenen Materialien nach dem ortsüblichen Preise bezahlt. Sind aber die Steinbrüche nicht eröffnet, und bestehen auch keine Ziegeleyen auf dem von der Canal-Baudirection in Anspruch genommenen Grundstücke, so soll die Bezahlung dergestalt bestimmt werden, als wenn dieses Grundstück zum Canal selbst gebraucht würde. 7) Alle Schätzungen sollen durch drey Sachkundige geschehen: der eine ist von dem Grundeigner, der andere vom Präfecten, und der dritte von Seiten des Canal-Bauinspectors zu ernennen. 8) Diese Schätzung soll einer Local-Commission vorgelegt, und von derselben sanctionirt werden. Dieselbe soll bestehen wenigstens aus drey Mitgliedern der Landstände, einem von dem General-Director des Canals zu wählenden Canal-Baubeamten, aus einem Forstbeamten und einem Friedensrichter. Sie soll daher aus Local- und Sachkundigen zusammen gesetzt seyn, die gleich empfehlungswerth durch ihre Sachkenntniſs, als durch den Staatsdienst sind. Der General-Director des Canalbaues steht mit dem Präsidenten dieser Commission im Briefwechsel, welcher dieselbe zur Beschleunigung der Gegenstände einladen kann. 9) Werden gegen die Canalbauarbeiten, von Seiten der Privaten oder Communen, Beschwerden geführt, so hat der dieser Commission beygegebene Canal-Baubeamte blos eine berathende Stimme, um die Thatsachen gehörig auseinander zu setzen. Die Appellation von dieser Commission geht zum Tribunal, jedoch darf dadurch nicht die Canalarbeit in ihrem Fortgange gestört werden. 10) Die beym Canalbau und der Schiffbarmachung der Flüsse Weser, *Aller* und *Ohre*, verwendeten Arbeiter werden von den Bau-Inspectoren gestraft, und nach einer speciellen Disciplin behandelt, wenn sie ihre Schuldigkeit beym Canalbau nicht thun, oder leichtfertige Händel unter sich anfangen. In allen andern Fällen stehen sie unter der Civiljurisdiction. 11) Auf dem neuen Canal, nicht aber auf Durchstichen der Flüsse, welche die Schifffahrt aufnehmen, soll die Fischerey künftig dem Aerar zustehen. In den übrigen Fluſsbezirken bleibt sie gleichfalls denjenigen, welchem sie vorher zustand. Jedoch darf niemand solche Hindernisse der Fischerey wegen, in dem schiffbaren Fluſsbezirke machen, wodurch die Schifffahrt gefährdet wird. 12) Alle Fuhrten oder Triften und Fischerzäune, durch die schiffbaren Fluſsbezirke oder im Canal, sind verboten, weil sie das Fluſs- oder Canalbett erhöhen. Da, wo also solche Fuhrten und Triften in der *Aller* und *Ohre* bestehen, müssen die zunächst an dem Canal liegenden Gemeinden oder Privaten, die sie gebrauchen, so hohe Brücken anlegen, damit die Schiffe durchpassiren können. 13) Niemand darf durch die schiffbahren Fluſsbezirke oder im Canal, oder auch durch dessen Leitgräben oder auf seinen Dämmen Vieh treiben und laufen lassen, bey der Strafe von 2 Francs für jedes Stück. 14) Müssen Straſsen und Wege, des Canals wegen, verlegt werden, so muſs dies auf Kosten des Aerars oder der Gemeinde geschehen, je nachdem die Straſse eine Haupt- oder Vicinalstraſse ist. 15) Da der

Canal den Vortheil des gesammten Staates bewirkt, so ist es gerecht, daſs alle Grundeigner zu seiner Anlage beytragen, und das Aerar selbst, sowohl in Hinsicht des Commerzes im Allgemeinen als der Salinen wegen, dazu vorzüglich concurrirt. Alle Departements sollen daher, nach dem Fuſs der centimes additionels, die Contribution leisten, welche jedoch nicht mehr als die Hälfte der Ausgaben betragen soll; die Staats-Kassa wird das Fehlende hergeben, welche auch alles Bauholz zu dem Canal unentgeldlich giebt, ohne dasselbe der Canal-Kassa anzurechnen. 16) Diejenigen Gemeinden und Privaten, deren Grundstücke durch die Anlage des Canals, die Schiffbarmachung der Flüsse, oder durch Führung der Seitengräben und Speise-Canäle, sey es durch Austrocknung, Bewässerung oder Sicherung gegen Ueberschwemmung und Abbruch eine groſse Verbesserung erhalten, sollen zur Aushebung des Canals oder Aufführung der Canaldämme unentgeldlich mitwirken, oder zum Faschinenbau das Buschholz unentgeldlich hergeben. Die Art und das Quantum dieser Mitwirkung sollen von der in dem 8. Punct festgesetzten Commission bestimmt werden. Diese Mitwirkung soll jedoch die Hälfte des Vortheils, welchen die Grundeigner ziehen, nicht übertreffen. Auch kann dieser Naturalbeytrag in Geld angeschlagen und abgetragen werden. Es ist nämlich gerecht, daſs der Grundeigenthümer, dessen Grundstücke verbessert werden, einen Theil dieser Verbesserung an die Canal-Kassa abträgt. 17) In so ferne die an den Canal angrenzenden und auf eine Meile davon liegenden Gemeinden einen weit gröſsern Vortheil von dem Canal haben, als die übrigen, so ist es billig und gerecht, daſs dieselben zur Verringerung der ganzen Geld-Contribution eine Naturalleistung zum Canalbau verrichten, und zwar nach Maaſsgabe des Viehstandes, wobey kein Zugviehbesitzer ausgeschlossen ist. Diese Gemeinden sollen daher die Baumaterialien aller Art zu den Baustellen des Canals und zu den schiffbarmachenden Fluſsbezirken unentgeldlich fahren, und zwar dergestalt, daſs von der Local-Commission auf jedes Paar Zugvieh ein solches Quantum Bau-Material gelegt werde, welches in Hinsicht der Länge des Weges binnen 5 Tagen auf ein Jahr gerechnet, nach den Baustellen gefahren werden kann. Dieses soll das Maximum in den ersten 3 Jahren des Baues seyn; in dem 4ten Jahr sollen nur 2 Tage Arbeit, und nachher jährlich nur 1 Tag Arbeit geleistet werden. Diese Natural-Prästation kann auch zu den Canaldämmen verwendet werden. 18) Der Canal oder die schiffbar gemachten Fluſsbezirke, die Canaldämme und Schleusen, kurz alle Attribute des Canals gehören dem Aerar, und dürfen, nach ihrer Anlage, von Niemandem, bey festzusetzenden Strafen, beschädigt werden. 19) Alle Güter und Waaren, welche auf diesem Canal transportirt werden, sollen $\frac{1}{4}$ Transito weniger bezahlen, als die auf dem Lande geführten. 20) Die Post- und Waarenschiffe werden von der Regierung etablirt, dessen Fiscus für die Sicherheit der Waaren und Personen haftet. Fremde Schiffe sollen, nach der Last die sie tragen, das Canalgeld entrichten, und die ge-

wöhnlich auf dem Canal gehenden Schiffe müssen abgeaicht werden, um diese Last aus ihrer Eintauchung zu erfahren. Die Einrichtung soll solcher gestalt getroffen werden, daſs die Transport-Kosten nur $\frac{1}{4}$ bis die Hälfte der Landfracht erfordern.

Dieses scheinen mir, in staatswirthschaftlicher Hinsicht, die Haupt-Maximen zu seyn, worauf bey Anlage eines Canals oder der Schiffbahrmachung eines Flusses, Rücksicht zu nehmen seyn dürfte, und durch ihre Anwendung würde die Ausführung der erwähnten Wasserstraſse zwischen der Elbe und Weser, keinem Hindernisse unterlegen seyn; wir würden in drey Jahren ein Werk haben entstehen sehen, welches für mehrere Länder gleich ersprieſslich und nützlich gewesen wäre, weil diese Schifffahrtsfähige-Verbindung die Weichsel mit der Weser, und die Ostsee mit dem Ocean in Gemeinschaft gesetzt hätte!

Ich habe diesen von mir für die Westphälische Regierung ausgearbeiteten Gesetzes-Entwurf deswegen aufgenommen, weil die wissenschaftlichen Maximen nirgends in Anwendung gebracht werden können, so lange es an den öconomischen Mitteln und an polizeylichen Vorschriften, die ich am Ende dieser Abtheilung in Antrag bringen werde, fehlt.

DRITTES KAPITEL.

Beschreibung einiger der merkwürdigsten und lehrreichsten canäle.

Erstens.

Beschreibung des mittäglichen-canals.

§. 92.

Der gröfste Canal, dessen sich Europa rühmen kann, ist noch immer der Canal von Languedoc (Tab. 97.) *), jetzt der *mittägliche-canal* genannt. Da mein ältester Sohn diesen Canal, so wie den von Narbonne, und alle ihre Theile mit vieler Sorgfalt im Oktober 1813 untersucht hat, so gereicht es mir zu einer unendlichen Freude, seine gesammelten Bemerkungen und Ansichten in der Beschreibung dieser zwey Canäle aufzunehmen. Sie sind zum Unterschiede meiner Arbeit immer mit „ „ bezeichnet worden, welches ich ein für allemal bemerke, und wenn es darin also heifst: ich habe folgendes gesehen, wahrgenommen u. s. w., so ist diefs immer von meinem Sohne, der bey der General-Direction als Oberingenieur angestellt ist, welcher den im 2ten Bande Seite 104 beschriebenen Hafen von Lindau und die Brücke von Mühldorf ausgeführt hat, und der gegenwärtig den Bau der steinernen Brücke von München führt, zu verstehen. Er mufste den stürmischen Zeiten wegen, nachdem er die Strafse über den Simplon, die Canäle von Charollois, Beaucaire und du Midi, so wie die Häfen von Marseille und Cette bereist hatte, von Bourdeaux aus in sein Vaterland zurückkehren, ohne den vollen Zweck seiner kostbaren Reise erreicht zu haben, denn er sollte nach Nantes, dann die Loire hinaufgehen, die Canäle von Orléans, Briare nnd Loing besuchen, sich nach Cherbourg wenden, dann über Havre, Paris, nach dem Canal St. Quentin, und von da nach Holland reisen.

Zu meinen Ausarbeitungen dieser Beschreibung habe ich Andreossy's Histoire du Canal du midi; Lalande Canaux de navigation; lettres de Froidour; ferner die Histoire du Canal de Languedoc par les descendants de Pierre Paul-Riquet 1805,

*) Diese Karte kann nach den auf Tab. 97. angegebenen Linien zusammengesetzt werden. „Darauf „sind die Berge etwas zu schwarz ausgefallen, nnd man wird sie hiernach für höher halten, „als sie wirklich sind. Man könnte die schwarzen Berge (les montagnes noirs) mit der zwischen „Kempten und Lindau liegenden Bergkette vergleichen. Dieses sogenannte Schwarzgebirg ist „mit Buchen und Eichen bewachsen; die Grundlage des Bodens ist grobkörnigter Granit; auch „habe ich darauf viel Thonschiefer angetroffen."

und die Recueil de divers memoires extraits de la bibliotèque imperiale des ponts et chaussees à l'usage de M. M. les Ingénieurs 1 partie, par le Sage; endlich *Ducros* memoire sur les quantités d'eau etc. benutzt.

Unter diesen Schriften ist die von Andreossy, was die Darstellung des Canals selbst betrifft, bey weitem die gründlichste, und die beym Canal angestellten Ingenieurs, haben ihm sehr vieles mitgetheilt. Die Reise meines Sohnes macht es aber möglich, über den Zustand dieses Canals von 1813 Aufschlufs mittheilen zu können.

§. 93. Dieser Canal verbindet den *ocean* mit dem *mittelländischen Meer* und geht von der *Garonne* bey *Toulouse* bis jenseits *Agde* oder auch, wenn man will, bis *Cette*: „derselbe ist jedoch des innern Verkehres wegen nützlicher, als wegen „Verbindung der beyden Meere, wenigstens unter den jetzigen Verhältnissen. Er „trägt jetzt jährlich 1500,000, und nach Abzug aller Kosten 800,000 Franken ein, „$\frac{65}{84}$ gehören der Regierung, und $\frac{19}{84}$ den Grafen von Caraman, Nachkommen des Er„finders dieses Canals. Diese beziehen also jährlich noch 180937 Franken. Er er„leichtert den Transport des Getreides aus dem obern Languedoc nach dem untern, „und der Provence, so wie des Weins und Brandweins; auch wird die Fahrt auf den „darauf gehenden Postschiffen, häufig von Reisenden benutzt. Während des spani„schen Krieges war derselbe von aufserordentlichem Nutzen, und da er gegenwärtig „mittelst des Canals von *Beaucaire*, dem *canal der Teiche*, (canal des étangs) und „den *Teichen* selbst, mit der *Rhone* in Verbindung steht, so ist er das nützlichste „und zugleich gröfste öffentliche Werk Frankreichs. Von dessen Gröfse und Kostbar„keit zeugen: Hundert Eine Schleusenkammern, vier und sechzig Schleusen bildend; „sieben Stemmthore oder Halbschleusen, fünf Stauthore, neunzehn Brückcanäle, vier„zig Durchlässe, vierzig Grundablässe, (épanchoirs) zwey und funfzig Ueberfallwehre, „(déversoirs) zehn Stauwehre oder Cchaussées, drey heberartige Grundablässe (épanchoirs „à siphon) hundert acht und dreyfsig Brücken, drey Bassins, ein und achtzig Schlammfän„ge, (cales) acht und zwanzig massive Pfeiler mit Falzen, um Stauwände einzulegen, zwey „und zwanzig Mühlen an den Schleusen, hundert sechs und zwanzig Gebäude, sechs Werk„plätze" und die Anwendung von 30,577,912 Livres, nach dem jetzigen Preise der Arbeitslöhne, wenigstens hundert Millionen betragend *), die Länge von 122,447 Klafter, so wie endlich die Verwendung von acht tausend Arbeitern täglich, während vierzehn Jahren.

§. 94. Der Theilungspunkt dieses Canals liegt bey Naurouse 193 Schuh 11 Zoll (63 mètres) über den niedigsten Wasserstand der Garonne, und 581 Schuh 11 Zoll (189 mètres) über das Mittelländische Meer. Der erstere Fall ist auf siebenzehn Schleusen mit einer und zwey Kammern, der letztere auf sieben und vierzig, mit einer bis acht Kammern versehenen Schleusen vertheilt, und von den Kammern hat die niedrigste Fallmauer vier Schuh 9 Zoll, und die höchste 11 Fufs 10 Zoll 6 Linien Fall. Ausser diesen Kammerschleusen liegen auf dem Canale sieben Haupt - Stemm-

*) Der Taglohn eines Arbeiters betrug zur Zeit der Anlage des Canals 8 bis 9 sous.

thore, worunter die Halbschleusen von Ognon, Moulineufs, St. Pierre und Prades gehören.

§. 94. *Die Bestimmung der Leitgräben und Bassins* war ohne Zweifel das Wichtigste bey der Anlage dieses Canals, denn von 1660 wurde dafür gehalten, dafs die schifffahrtsfähige Verbindung des Mittelländischen Meeres mit dem Ocean unausführbar sey, indem man dem Canal das nöthige Wasser nicht zuführen könne. Die in der Karte Tab. 97. dargestellte Topographie der Gegenden, in welchen das Speisewasser des Canals aufgesucht und der Canal selbst geführt werden mufste, zeigt uns 1), dafs die Gegend von *Naurouse* zwischen der *Garonne* und dem Teiche von *Thau* eine Plattform bildet, nach welcher man von beyden Seiten, d. i. von der Garonne und diesem Teiche, hinaufsteigt, und dafs die nach dieser Plattform abhängenden Bergrücken immer steigen, je mehr sie sich von dieser Höhe entfernen! So liegt die Gegend von Montferrat (ohnweit dem Bassin Naurouse) und die entgegengesetzte von Baragnie höher als diese Plattform. Dieselbe mufste also nothwendig den Theilungspunkt dieses Canals abgeben, und hier ist also das Bassin von Naurouse, von welchen nach beyden Canalästen das Wasser abgeleitet werden sollte, ausgegraben worden. In der That eine den vorgetragenen Grundsätzen des Canalbaues angemessene Einrichtung, nach welcher man das zur Speisung zweyer Canaläste dienende Bassin, so wie ihren Theilungspunkt, so niedrig als möglich legen mufs. 2) Die Topographie der Gegend zeigt ferner: dafs alle zwischen Naurouse, St. Felix, Graesens, la Pomerade, les Campmazes und den Quellen des Alzaubaches entspringenden Bäche (mit Einschlufs der letztern) tiefere Thäler und längere Bahnen haben, jemehr sie sich von Naurouse entfernen, und von dem höhern Rücken des Schwarzen-Berges ausgehen; folglich haben die ihre Ursprünge enthaltenden Bergkuppen, vom Alzaubach nach Naurouse, einen Abhang. Die Lage des Terrains überzeugt also den Ingenieur, dafs man diese Bäche mittelst Wehre oder Abdämmungen, von den Franzosen chaussées genannt, und einer Rigole, über die auf der Karte bezeichneten Bergrücken und Abhängen, bis Naurouse, in das dabey angelegte Bassin, das ist, bis zum Theilungspunkte leiten konnte. 3) Da die Anfänge der zwo sich in den *Agout-Flufs* ergiefsenden Bäche *Laudot* und *Sor* höher liegen, als die Ebene von *Revel* und *St. Felix*, ja als der ohnweit Thomasses liegende Hügel, so war es möglich, das Wasser dieser Bäche, nach einer ihrem natürlichen Laufe entgegengesetzten Richtung, zu leiten; das ist, man konnte diese Anfänge des Laudot und Sorbaches, vermittelst Abdämmungen und eines Leitgrabens, dem Mittäglichen Canal zuführen.

§. 95. So entstanden also zwey Leitgräben oder Rigolen, und man nennt die vom Alzaubach über die Bergrücken und Abhänge bis zum Laudot bey Thomases geleitete, die *Bergrigole* (Rigole de montagne), und die aus der *Sor* abgeführte, die *Rigole der Ebene* (Rigole de la Plaine); so nennt man auch wohl die von Laudot nach Naurouse gehende Rigole.

§. 96. Die *Bergrigole* nimmt ihren Anfang am Bett des Alzaubaches, welcher bey der Prise d'Alzau (siehe die Karte) d. i. bey der Wasserkehrung des Alzau, beginnt. Diese besteht aus einem Wehr worin zur Abführung des hohen Wassers in das Bett des Alzau, das die Rigole durchbrechen könnte, ein Grundschütz angebracht ist. „Dieses Wehr liegt 434,4 mètres (1336 Fuſs) über den Theilungspunkt des Ca„nals und 646 mètres (1848 Fuſs) über das Meer. Es verdient hier bemerkt zu „werden, daſs *Riquet*, in den Thälern woraus der Alzaubach entspringt, (weiter „aufwärts dieser Prise d'Alzau) ursprünglich ein groſses Bassin anlegen wollte, welches „das Bassin von Alzau genannt werden sollte; wodurch der Vortheil entstanden wä„re, alles Wasser des Alzau zu benutzen, um es im Bassin, je nach dem Bedürfniſs, „zu halten. Man wäre also nicht, wie jetzt, gezwungen gewesen, das Wasser, bey „einer Anschwellung, in das alte Bett des Alzau-Baches abzulassen "

Auf eben diese Art, als der Alzau-Bach, sind die Bäche Coudières, Contamerle, Bernassone und Rientort, mit Thalsperren oder Steinwehren abgedämmt, um ihr gewöhnliches Wasser in die Bergrigole einzuleiten, deren Breite bey ihrem Anfange oder der ohnweit der Mühle von Calz, das ist, dem Dorfe la Combe liegenden Prise d'Alzau, zehn Schuh im Boden und 18' in der Oberfläche beträgt; sie hat drey Fuſs Wassertiefe. So läuft nun diese Rigole bis *Campmazzes*, auf eine Länge von 14600 Klafter oberirdisch, und sie ist auf 2845 Klafter Länge, von der Prise d'Alzau bis zum Bassin Lampy, im Granitfelsen ausgesprengt. Dann aber ist sie bey Campmazzes 376 Fuſs mit einem 9 Schuh breiten Gewölbe unterirdisch, auf 120 Klafter, in den Berg eingeschnitten worden. Da, wo der Boden klüftig ist, hat man den Leitgraben hie und da ausgemauert; dieses hätte, des häufig durchquellenden Grundwassers wegen, auf die ganze Länge geschehen sollen, oder man hätte die Rigole in Balkenwände führen können. „Noch gegenwärtig findet hier eine starke „Verseigung statt; man will daher das Bett der Rigole mit Mauerwerk und Beton„Mörtel bedecken." Oberhalb Campmazzes liegt ein Grundablaſs, welcher das in der Bergrigole überflüssige Wasser in den Sorbach, vermittelst eines Grabens, abführt.

„Zwischen Campmazzes und der Prise d'Alzau liegen noch zwey wichtige Be„standtheile der Bergrigole, das ist 1) das *Bassin von Lampy*, und 2) der Deversoir „*von Conquet*. Dieses im II. Bande Seite 614 beschriebene und 1781 beendigte Bas„sin liegt 420 mètres (1231 Fuſs 3" 8"') über den Theilungspunkt des Mittäglichen„Canals erhaben, und sein gemauerter Wehrdamm hält das Wasser 16 mètres „(49' 3" 1"') hoch. Es faſst über zwey Millionen Cubik mètres Wasser. Früher „hatte man abwärts ein kleines Bassin (Teich) angelegt, welches man *vieux-Lampy* „nennt. Dieser zwischen der Rigole und dem Bassin Lampy liegende Teich ist von „dem Bache Lampy durch den mit einem Ablaſsschütz versehenen Wehrdamm getrennt „und bildet bis zum neuen Bassin von *Lampy* eine stillstehende Wasserfläche, so

„dafs der Leitgraben nicht über den Bach Lampy, vermittelst einer Wasserleitung, „geführt werden durfte."

Damit die Bergrigole oberhalb Campmazzes nicht eine zu grofse Wassermasse (in Regenzeiten) empfängt und in den *sorflufs* durchbricht, so ist ein Grundablafs (épanchoir de Conquet) angelegt, durch welchen das Wasser regelmäfsig in diesen Flufs geleitet ist. „Dieser Ablafs liegt 399,97 mêtres über den Theilungspunkt des „Canals, welchem dieses Wasser aber nicht entgeht, weil es zuerst in den Sorflufs, „dann abwärts bey Ponte-Crouchet in die Plainrigole fällt. Die Abtheilung bey Con„quet ist auch defswegen vortheilhaft, weil man vermittelst derselben die Bergrigole „abwärts vom Wasser befreyen, und so die daran vorzunehmenden Ausbesserungen, „welche sie öfters nöthig hat, bewerkstelligen kann."

Da, wo die Bergrigole aus dem unterirdischen Gewölbe bey Campmazzes tritt, läuft sie noch in einem kleinen Aqueduct fort, fällt dann mit 25 Fufs Fall stuffen- oder cascadenförmig, und endlich im tief liegenden Bett des Laudotbaches, und in dem im 2ten Bande S. 613. beschriebenen *Bassin* von *Ferréol* zu, „welches 125,90 „mêtres über den Theilungspunkt des Canals liegt, das Wasser auf 33 mêtres (101′ 7″) „hoch hällt, und etwa, nach des Oberingenieurs Claussade zu Toulouse Angabe, sieben „Millionen Cubik mêtres Wasser fafst."

„Das Developpement der Bergrigole ist nach dieses geschickten und erfahr„nen Ingenieurs Angabe folgendes. Ihre Länge von der Prise d'Alzau bis unter Camp„mazzes 24351 mêtres; ihre Neigung 57, 41 m.: so dafs sich diese zu jener wie 1 „zu 4222 verhält; die mittlere Breite 3 m, 50 c. und die Tiefe 25 cent. Während „der grofsen Dürre ist ihre Wassermasse auf nichts reducirt, nämlich oberhalb Camp„mazzes, wo das wenige Wasser, welches sie alsdann herabführt, verseigt."

„Von dem Bassin Ferréol folgt das durch die *Bergrigole* geleitete Wasser bis „Thomasses dem Bette des Laudot, welcher Bach sich mit dem Wasser des von Re„vel kommenden, 50, 23 mêtres (154 Fufs) über den Theilungspunkt liegenden, „und bey Pontcrouzet, mittelst eines Wehres, aufgefangenen Sorbaches, vereiniget."

Die *Bergrigole* hat *oberhalb* Thomasses, (ehe sie sich mit der Plainrigole vereinigt) im Mittel 11′ 8″ 4‴ (38 decim.) zur Breite, zur Höhe 1′ 4″ (43 centimêtres) und die Geschwindigkeit ist 5″ 6, 5‴ (15 centimêtres). Sie liefert daher (247 litres) 7 Cubikfufs, 356 Cubikzoll in der Secunde.

„Wiewohl *Riquet* die Fortsetzung der Bergrigole unterhalb dem Grundablafs „von Conquet in seinem Entwurfe aufgenommen hatte, indem er einsah, dafs das „Wasser des Baches von Laudot, das Bassin von Feriol nicht allein füllen könnte, „welches die Erfahrung auch erwiefs, so wurde diese 5803 Meter lange Strecke doch „erst auf *Vaubans* Anordnung ausgeführt."

§. 97. Die *Plainrigole* geht von dem beym *Maison de Laudot* liegenden Wehr aufwärts bis *Revel* vorbey, und fängt bey dem über den Sorbach liegenden Wehr-

damm, Ponte-Crouchet, an, der das Wasser dieses Baches und desjenigen, welches von dem Grundablafs Conquet aus der Bergrigole abgelassen wird und in diese Plainrigole hineinfällt *), aufstaut. Ihre Breite beträgt 12′ (39 décimètres), die Tiefe 1′ 5″ 4‴ (47 centimètres) und die Geschwindigkeit 5, 7″, 8‴ (18 centimètres) in der Secunde. Sie liefert in dieser Zeit etwa 9 Cubikfufs, 479 Cubikzoll (318 litres) und ihre Länge beträgt 27784, 5 Fufs. „Nach den mir von Herrn *Claussade* mit so viel Gefälligkeit „mitgetheilten Notizen ist das ganze Développement der Plainrigole, von Ponte-Crou-„chet bis zum Theilungspunkte des Canals oder bis zum Bassin von Naurouse, fol-„gendes: *a*) die Länge ist 42540. m. t.; *b*) die Neigung 50, 23 m.; *c*) die mittlere „Breite 4, 66 m., und die ordinaire Wassertiefe 0, 40 m.; bey dürrer Jahreszeit be-„trägt diese letztere nur 16 bis 20 centimètres. Die gewöhnliche Wassermenge, un-„terhalb der Vereinigung der obern Plainrigole mit der Bergrigole, beträgt in 24 Stun-„den 64,400 Cubikmètres, und sie kann nach des Oberingenieurs Herrn *Claussade*. „Director des Canals, Beobachtung, ohne ihre Ufer zu übertreten, 800000 Cubikmè-„tres, nach Naurouse führen, und dieses Volumen führt sie wirklich, während der „jährlichen Füllung des Canals." Das erstere Volumen beträgt also in der Sekunde 20, 7 Cubikschuh, und wäre demnach etwas mehr als Andreossy (pag. 52) angenommen hat. Beyde Leitgräben führen nämlich nach diesem Schriftsteller 16 Cubikschuh, 835 Cubikzoll.

Wenn der Leitgraben unterhalb Thomasses von neuem mit Wasser angelassen wird, so gebraucht der volle Strom 14 Stunden, um vom Bassin St. Ferréol bis zum Theilungspunkte einen Weg von 117258 Fufs zu durchlaufen. Dieses giebt also eine Geschwindigkeit von 2, 3 Fufs in der Secunde, die nur 6 bis 7 Zoll beym gefüllten Leitgraben ausmacht, und wenn derselbe seinen ordinairen Lauf hat **). Nach Andreossy sollen (pag. 54) von dem Bassin nach Naurouse in 24 Stunden fliefsen können, ohne dafs die Ufer des Leitgrabens überlaufen, 14648, 48 Cubik-Klafter, folglich müfste der Leitgraben in der Sekunde nur 35, 62 Cubikschuh liefern, denn anders kann man diese Angabe nicht verstehen. Wollte man dieses Volumen auf einer Stunde, und nicht auf 24 Stunden annehmen, so wäre es offenbar zu viel: nämlich 851 Cubikschuh für die Sekunde, welches unmöglich ist; die Angabe von dem Director des Canals, Claussade, setzt (wie vorher bemerkt wurde) für dieses Volumen 270 Cubikfufs in der Sekunde fest; es ist nämlich $\frac{800{,}000 \text{ C. m.}}{86400 \text{ Sekunden}} = \frac{23338400 \text{ C F}}{86400 \text{ Sec. od. 24 Stund.}} =$ 270 Cubikschuh. Diese Angabe scheint mir in Beziehung auf die Profilgröfse der

*) „Ohnweit Revel liegt auf der Plainrigole eine Mühle, die man in der Revolution verkaufte; die „gehörige Benutzung des Wassers, gebietet aber deren Wiederankauf von Seiten der Canalgesell„schaft."

**) Die Entfernung vom Bassin St. Ferréol bis Naurouse ist hier nach der ersten Ausgabe des Werkes von Andreossy genommen, denn in der zweyten ist diese Entfernung 10,000 mètres geringer.

Rigole und die Geschwindigkeiten sehr richtig zu seyn, und ich glaube voraussetzen zu dürfen, dafs die Claussadische Angabe von 20, 7 Cubikschuh wohl als die wahre mittlere Wassermenge, welche beyde Leitgräben in der Sekunde dem Canal *gewöhnlich* zuführen, richtig sey. Hieraus entsteht ein für die Canalbaukunde äusserst wichtiger Erfahrungssatz: dafs man zur Anlage eines Schifffahrtscanals, wenn sein Bett mit Thon bedeckt oder mit Planken ausgeschlagen, folglich die Filtration verhindert ist, nur eine unbedeutende Wassermenge bedürfe. Auch nach den von Andreossy gesammelten Notizen soll gewöhnlich die Wassermenge der Rigole, unter Thomasses oder Laudot, nur 16 Cubikfufs 835 Cubikzoll oder höchstens (ausser zur Zeit, wenn der Canal gefüllt wird) in der Sekunde $23\frac{7}{10}$ Cubikfufs (813 litres) betragen; und dabey ist zu bemerken, dafs zwischen dem Hause Laudot und Naurouse wenig fremdes Wasser in den Leitgraben eintritt, so dafs dieses diejenige Wassermenge ist, womit die obern Canalhaltungen gespeist werden. Doch wir wollen noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkommen!

§. 98. Bey diesem unweit Thomasses, oder bey dem Hause Laudot, liegenden Vereinigungspunkte der zwey Rigolen, ist, zur Ablassung des überflüssigen Wassers, in das alte Bett des Laudotbaches, ein grofser Ueberlafs mit drey Grundablässen erbaut worden. Abwärts ist in dem Leitgraben ein Stauthor zwischen Seitenmauern, angelegt, um die Fortsetzung des Leitgrabens nach Naurouse trocken zu legen, wenn sie geräumt wird, oder damit, wenn man, während des Winters, das Bassin von Ferréol spühlt, dieses trübe Wasser durch das natürliche Bett des Laudot abfliefsen könne, und überhaupt auch des Sommers den Leitgraben unterhalb von dem bey Anschwellungen der Bäche herabkommenden trüben Wasser zu befreyen *). Um dieses auch vom Bassin von Naurouse, d. i., vom Canal so viel als möglich abzuhalten, sind unweit der Mühle zu Naurouse, in der linkseitigen Wand des Leitgrabens, zwey Grundablässe gelegt, und zwey andere an das Bassin selbst, die das Wildwasser mittelst eines Grabens in den Fresquel leiten. Bey dem letztern Grundablafs ist ein 360 Schuh langes Wehr, in dem sie angebracht sind, und worüber eine, zum Schiffszuge dienende, Brücke liegt.

Unterhalb *Felix* hat man den von dieser Stadt kommenden und viel Material führenden Bach über den Leitgraben, mittelst einer hölzernen Brückwasserleitung (cale de St. Felix), geführt, wodurch seine trübe Materialien führenden Hochgewässer abfliefsen, ohne sich mit dem Leitgraben zu vereinigen. Eine ähnliche Vorrichtung ist bey dem weiter abwärts die Rigole passirenden Bergbach von Fondret gemacht.

Dieser *Leitgraben* ist, wie wir aus Tab. 97. sehen, nach den Abhängen der Berge gegraben, um Brückwasserleitungen, Aufdämmungen und tiefe Excavationen zu ersparen, und geht von St. Felix in einem jedoch nicht regelmäfsigem Abhange

*) Der Leser wird dieser Materie besser folgen, wenn er die im 2ten Bande S. 613 mitgetheilte Beschreibung des am Bassin von Ferréol oder Ferriol angelegten Wehrdammes nachliest.

fort. Er mufste daher sehr lang werden, und man rechnete ehemals dessen Länge von dem im Alzaubach liegenden Wehr bis Naurouse 30060 Klafter, wiewohl die Entfernung in gerader Richtung nur 17000 beträgt. „*Claussade* rechnet dieselbe „66891 mètres oder 34318 Klafter, welches das Resultat einer genauen Messung ist."

§. 99. Anfänglich (1669) ist der *Leitgraben der Ebene*, von Revel bis Naurouse, zum Absatz des Getreides, mittelst 11 hölzernen und drey massiven Schleusen schiffbahr gemacht worden; man gab ihm 10 mètres Oberfläche, 4 mètres im Boden und 13 bis 17 decimètres Tiefe. Durch diese Einrichtung wurde indessen der Abflufs des Wassers nach dem Canal gehemmt, und die Versandung dieses Leitgrabens bewirkt. Diese Schifffahrt *), zu welchem Behuf bey Revel ein kleiner Hafen (port Louis) angelegt war, ist daher eingestellt worden, die man jedoch ohne Nachtheil des Canals wieder einrichten könnte, aber mit grofsen Kosten und nur in dem Falle wäre sie anzurathen, wenn die Flüsse Agout und Tarn schiffbahr gemacht wären, und mit dem Mittäglichen-Canal durch eine längs der Sor von Naurouse über Tho-

*) Als die auf dem Leitgraben unter Revel angelegten Schleusen abgebrochen waren, unternahm zwischen 1705 und 1725 ein Kaufmann zu Revel die Schiffbahrmachung der Rigole von Neuem, vermittelst einiger von Balkenwänden gemachten Schiffs-Durchlässen; aber diese Unternehmung erreichte bald ihr Ende, und 1754 und 1765 wurde abermals die Schiffbahrmachung, jedoch ohne Erfolg. in Vorschlag gebracht. „Gegenwärtig hat der Ingenieur *Maguez* einen auf die genaue-„sten Nivellements der ganzen Gegend und die detaillirtesten Localuntersuchungen gegründeten „Vorschlag gemacht: den Mittäglichen-Canal mit dem schiffbahr zu machenden Agoutflusse, „folglich auch mit der bereits schiffbahr gemachten Tarn, die sich in die Garonne einmündet, „zu verbinden. Demselben zu Folge sollte die Rigole der Ebene von Naurouse bis ohnweit „Thomasses schiffbahr gemacht werden; die auf dieser Rigole anzubringenden Schleusen wollte „Herr *Maguez* mit solchen Umläufen versehen, welche Schütze erhielten, damit die Schleusen-„kammern gefüllt werden können, und das Wasser der Rigole (ausser der Durchschleusungs-„zeit) einen ungestörten Abflufs behält. Von Thomasses sollte der Canal längs der Plainrigole „fortlaufen, zwischen derselben und *Revel* gehen, dann die Sor zwischen *Revel* und *Soreze* in ei-„nen Brückcanal passiren, bey *Souhal* über die *Bernassoubre* abermals einen Brück-Canal bekommen, „und oberhalb *Vielmur* in dem Agoutflufs endigen. Dieser Canal würde von der Plainrigole an „eine Länge von 30,000 mètres erhalten, und da in dem Agoutflusse noch alte gut erhaltene „Schleusen vorhanden sind, so würde dessen Schiffbahrmachung keinen Schwierigkeiten unter-„erliegen. Diese ist bereits 1670 als thunlich und nützlich erkannt; die Ausführung dieser „Unternehmung, wiewohl sie 1808 decretirt wurde, ist bis jetzt noch nicht angefangen. Um „diesem Canal das zur Schifffahrt erforderliche Wasser zuzuführen, sind folgende Vorschläge „gemacht worden. 1) Wollte man den Thoreflufs bey la Bastide St. Amans abdammen, und sein „Wasser in eine Rigole leiten, welche bey *Mazamet*, längs der *Thore*, unter *Escousens*, über „die *Bernassoubre*, und dann weiter ohnweit Revel, nachdem sie die Sore passirt hätte, geführt „werden sollte; dieses Project ist aber der zu durchschneidenden Berge und der grofsen Länge „der Rigole wegen aufgegeben. 2) Man will statt demselben die *Bernassoubre*, oberhalb Escou-„sens, mit einem Wehr abfangen, in eine Rigole nach Dourgue und Soreze führen; diese aber „mit der Rigole de la Plaine, beym Ponte-Crouchet, vereinigen, und zugleich, um diese letz-„tere Rigole, das ist, den Canal zu verstärken, im Schwarzen-Berge, bey den Quellen der Sor, „in dem Thal von *Arfons*, ein grofses Bassin anlegen. Es würde also der Theilungspunkt dieses „Canals ohnweit Revel seyn."

masses in den Agoutfluſs gehende künstliche Wasserstraſse in schifffahrtsfähige Verbindung gebracht würden.

§. 100. Jetzt komme ich auf den Mittäglichen-Canal zurück. Wir sehen also, daſs, auf die oben beschriebene Weise, für einen hinlänglichen Wasserzufluſs in den Canal, auſser dürren Jahreszeiten, gesorgt ist; aber auch auf diese sowohl als auf die Füllung derjenigen Canalhaltungen, die der daran jährlich vorzunehmenden Ausbesserungen wegen, abgelassen oder trocken gelegt werden, muſste man Rücksicht nehmen. Dies sollte mit der 1667 angefangenen Anlage des Bassins von *Ferréol*, der Bassins von Naurouse und Vieux-Lampy bewirkt werden. Seitdem man aber von dem Mittäglichen-Canal einen Canalast nach Narbonne führte, ist das groſse Bassin Lampy angelegt, um die für diesen Canalast erforderliche Wassermenge zu ersetzen. Von diesen zwey Bassins, welche jetzt noch in dem Wege des Leitgrabens liegen, ist nur noch folgendes zu bemerken, weil die an den Bassins von Ferréol und Lampy aufgeführten Wehrdämme bereits im 2. Bande S. 631. beschrieben sind. 1) Das Bassin von Lampy faſst 500000 Cubik-Klafter; nach Claussade zwey Millionen, und nach Andréossy 2,66,5000 Cubik-Mètres, Wasser, und soll über 250000 Livres gekostet haben. 2) Das Bassin von Ferréol enthält 939104 Cubik-Klafter Wasser, nach Claussade sieben Millionen, und nach Andréossy 6,956,000 Cubik-Mètres, welches mehr einnimmt, als der vom Leitgraben zu speisende Canaltheil faſst. 3) Die im 2. Bande S. 631. erwähnte Ausbesserung und Spühlung dieses Bassins dauert 8 bis 10 Tage, und wird gegen Ende Decembers, jedoch nicht alle Jahre, vorgenommen. Nach einem Monath hat man die Ausbesserungen daran vollendet, so daſs das Wasser des Laudot und des Alzaubaches und der übrigen Bäche, darin eingelassen und das Bassin nach 40 Tagen gefüllt wird. Weil im August und September die Plainrigole und der Canal, da wo Reparaturen nöthig sind, abgelassen und ausgebessert werden, so füllt man nachher dieselben mit dem im Bassin Ferréol gesammelten Wasser, welches binnen acht Tagen geschieht. Aber in trockenen Jahren hat man vier Wochen gebraucht: eine hinreichend groſse Wassermasse zu sammeln. Um die Ausdünstungen des Wassers in den zwey Rigolen zu verhindern, hat man ihre Ufer mit Eichen bepflanzt.

Das dritte Bassin wurde von Riquet, ohnweit Castelnaudary, angelegt: es heiſst das Bassin von *Naurouse*. Es ist ein länglichtes Achteck im Felsgrund ausgetieft, und hat 3264 Fuſs Umfang, ist 1200 Fuſs lang, und 900 Fuſs breit. Anfänglich war es 7 Schuh hoch mit Wasser gefüllt, nachdem man aber dessen Spühlung durch zwey Grundablässe, wodurch sie in den Fresquel hätte geschehen mögen, unterlassen hat: so ist es mit Sand und Schlamm angefüllt, und mit Pappeln bewachsen. So wünschenswerth auch die Retablirung, selbst die Erweiterung des Bassins von Naurouse ist, so wird sie wohl der damit verknüpften Kosten wegen, unterbleiben!

§. 101. Am Umfange des von Werkstücken am Bassin Naurouse gemachten Quays sind aus der Haupt-Rigole zwey Leitgräben geführt, welche das Wasser „dem 189 mètres über die Meeresfläche liegenden“ Theilungspunct des Canals zuführen, und der eigentlich in der obern Canalhaltung zwischen der Schleuse von Medécin und der von Montferrand statt findet. Durch einen Graben, worauf die obige Mühle liegt, wird das von der Plaine- oder Haupt-Rigole herbeygeführte Material dem Bassin von Naurouse zugewiesen, worin es niedersinkt, so daſs der Canal wenig davon empfängt. Um dem Canal die Wassermasse zu sichern, das ist, alle Unfälle die den Leitgraben auf einige Tage treffen können, unschädlich für den Canal zu machen, schlägt Andréossy vor: dieses Bassin mit Erddämmen zu umgeben, und dergestalt zu vergröſsern, daſs es 60000 Cubik-Klafter Wasser fasse, welchem Vorschlage ich, den §. 26. angeführten Grundsätzen wegen, beytrete.

§. 102. Wer bey Durchlesung dieser Beschreibung die auf Tab. 97. dargestellte Karte zur Hand nimmt, dem wird folgende Uebersicht der wesentlichsten, bey den Leitgräben gemachten Anlagen, als eine Recapitulation dienen. Zuerst trifft man im Schwarzenberge das Stauwehr des Flusses Alzau (prise de la rivière d'Alzau), dann das Stauwehr des Baches *coudieres* und *cantemerle*, ferner das mit einem Grundablaſs (épanchoir) versehene Stauwehr des Baches *Bernassone*; 4) das alte, dann das neue Bassin von Lampy, dessen Stützmauer in Fig. 4. 5 und 6. Tab. 93. dargestellt ist; ferner das in dem Bache Rientort liegende Stauwehr; 5) das in der Rigole mit dem Grundablaſs versehene Wehr bey Conquet; 6) einen solchen Seitengrundablaſs oberhalb Campmazzes; 7) die bey diesem Dorfe 234 mètres lange unterirdische Leitung; dann 8) das Reservoir oder Bassin von St. Ferréol; 9) eine bey der Vereinigung der Sor mit der Laudot liegende Halbschleuse, die zur Abhaltung des, aus der Rigole der Ebene, als überflüssig anerkannten Wassers dient; 10) das in dem Sorbache liegende Stauwehr; 11) die Rigole der Ebene; 12) eine Brückwasserleitung ohnweit Felix, worin das Wasser eines nach St. Felix flieſsenden Baches geht; 13) eine andere Brückwasserleitung zur Abführung des Baches von Fondret. Diese beyden Bäche führen nämlich zu viel Material, um in die Rigole aufgenommen werden zu können. Ferner trifft man 14) zum Behuf der von Castelnaudary nach Toulouse führenden Chaussée eine über die Rigole liegende Brücke, und endlich 15) bey Naurouse, einen *grundschütz* (martelière) zur Ableitung des überflüssigen Wassers von der Rigole in den Fresquel.

Zweytens.

§. 103. *Die östliche Canallinie des mittäglichen-Canals* ist besonders vom Scheitel, das ist, vom Theilungspuncte bey *Naurouse* bis zum Teich von *Thau* lehrreich und wichtig. Zur Darstellung des Ganzen dürfen wir jedoch auch die nach der Garonne westlich gehende Abtheilung nicht übergehen. „Sie hat bey 63 mètres

„Fall eine Länge von 51690 mêtres, 17 Schleusen mit 26 Kammern und 43 Stemm-„thoren, und läuft auf dem Abhange der die Arriège von den Thälern der Moräste „(valons du marais) und den Lersflufs trennt. Die Flüsse und Bäche übergeht der „Canal mit 12 Aquäducte, und auf demselben liegen 25 Brücken; an demselben aber „ein Ueberfallwehr (deversoir), 32 Schlammbehältnisse (cales), drey Mühlen mit 7 „Wasserrädern. Daran sollten noch 2 bis 3 Aquäducte oder Durchlässe, und einige „Grundablässe angelegt werden, um das Hochwasser abzuführen."

§. 104. Die oberste Haltung des Canals oder der Theilungspunct endet an der Schleuse von Montferrand, von da geht der Canal längs dem Abhange der Hügel, und dann in einen Brück-Canal über den Lersflufs bey Villefranche, zwischen den Schleusen Gardouch und Renneville, und weiter abwärts über den Gordvol-Bach und über mehrere Bäche, mittelst Durchlässen, worunter der §. 10. beschriebene, und den man den von *St. Aigne* (Tab. 80. Fig. VIII. *a*) heifst, der befste ist.

Nachdem der Canal auf eine Entfernung von einer Stunde an der Stadt Toulouse vorbeyläuft, auf welchem Wege er vier Schleusen hat, endet derselbe in die Garonne, unterhalb dem grofsen, in diesem Flusse liegenden Mühlwehr, *Bazacle* genannt.

§. 105. Anfänglich hatte man die Absicht, den Mittäglichen-Canal *nach Toulouse* zu führen, aber diese Stadt protestirte dagegen, bis endlich i. J. 1773 ein 1400 mêtres langer Canalarm dorthin angelegt wurde. Dieser geht von Toulouse in den Mittäglichen-Canal bey dem Ludwig XIV. gesetzten Monumente. Oberhalb dem Wehr Basacle geht derselbe von der Garonne, die ihn speifst, ab. „Dieses Canalstück „hat eine Schleusenkammer und zwey Aquäducte, dient eigentlich nur für die klei-„nen Garonne-Schiffe, welche dadurch den Fall des *Basacle*-Wehres umgehen. „Anfänglich wollte man in dieses Wehr selbst eine Schleuse anlegen, welches Ver-„fahren aber gegen die Grundsätze der Schiffbahrmachung eines Flusses gestritten „haben würde. Ich erlaube mir hierbey zu bemerken, dafs der bey *Toulouse* lie-„gende Hafen von St. Etienne zu klein ist; man sollte ihn daher vergröfsern, wor-„über auch bereits ein Project entworfen wurde."

§. 106. Für das Commerz scheint es ein grofser Nachtheil zu seyn, dafs der *mittägliche-Canal* nicht längs der Garonne bis zur Mündung der Tarn, noch vortheilhafter bis Langon, fortgesetzt wird: denn die Schifffahrt auf dem ersten Flusse bis zum letztern ist äufserst unbequem und kostbar, ja sie nimmt blos Flufsboote, wovon jedes nur 200 Centner trägt, auf.

§. 107. Folgende Uebersicht enthält die Entwickelung der westlichen Canallinie nach ihrem Falle; die Schleusen und die Länge der Canalhaltungen, mit Inbegriff der obersten Haltung, so wie die Länge der Schleusen, nämlich von dem Theilungspuncte bey Naurouse bis zur Garonne.

Numer der Schleusen auf Tab. 97.	Benennung der Schleusen	Anzahl der Schleusenkammern	Entfernung in Klaftern: Oberste Haltung	Fall der Schleusen: Fufs	Zoll	Lin.	Länge des Schleusenkörpers: Klafter
1	Monferran	1	2764	8	9	0	29
2	Embourel	1	2128	9	0	6	27
3	Encassan	2	786	15	5	6	42
4	Renneville	1	1451	8	1	0	30
5	Gardouch *)	1	2579	7	0	0	28
6	Laval	2	699	15	11	0	49
7	Negra	1	2256	12	6	8	28
8	Sanglier	2	1899	13	4	0	45
9	Aigues - Vives	2	743	13	0	6	47
10	Montgiscard	2	1593	13	9	0	50
11	Vic	1	3868	6	4	6	30
12	Castanet	2	856	15	0	6	49
13	Bayard	2	6786	13	10	0	48
14	Montabiau	1	114	6	1	4	30
15	St. Roch ou les minimes	2	628	12	6	0	46
16	Bernais	1	466	6	11	9	27
17	de la Garonne	2	466	15	7	9	47
				193	11	0	

Folgende für den Ingenieur anmerkungswerthe Gegenstände trifft man vom Bassin von Naurouse bis Toulouse an, unter denen auch die bereits erwähnten Schleusen aufgenommen werden müssen, um eine vollständige Uebersicht zu geben.

Altes Bassin von Naurouse; Ast der Rigole, welcher das Wasser in die obere Haltung leitet. Schleuse von Monferran; Brücke von Maraval; Aquäduct (Durchlafs) von Radel; Schleuse und Brücke von Embourrel; Schleuse von Encassan; Schleuse von Renneville; Brückwasserleitung über die Lers; Schleuse und Brücke von Gardouch; Durchlafs von Gardigeol oder Gardouch; Schleuse und Brücke von Laval; Brücke von Vieillevigne; erster und zweyter Aquäduct von Thézauque; Schleuse von Negra; Aquäduct d'Encomps; Brücke von Ensarni; Schleuse von Sanglier; Aquäduct von Aiguesvives oder Tieaille; Schleuse von Aiguesvives; Brücke der Heerstrafse; Aquäduct de notre saignée; Schleuse von Montgiscard; Aquäduct von Donville; Brücke von Donville; Aquäduct de la Foncasse; Brücke von Deyme; Aquäduct von Rieumaury; Schleuse von Vic; Aquäduct von Castanet oder Perrier; Schleuse mit einer Mühle und Brücke von Castanet; Aquäduct und Brücke von Madron; Aquäduct de St. Aigne; Brücke von Montaudran; Hafen von St. Etienne zu Toulouse; Brücke von St. Sauveur; Brücke von Gaillermery und Hafen des Canals von Toulouse; Schleuse von Bayard mit einer Mühle; Schleuse und Brücke von Montabiau; Brücke von Minimes; Schleuse von St. Roch oder Minimes mit einer Mühle; Schleuse von Béarnais; Brücke von Gramagne, bey welcher der 800 Klafter lange von Toulouse abgehende Canal in den Hauptcanal fällt, und endlich die Schleuse von der Garonne.

*) Die Schleuse von *Gardouch* ist deswegen auf Tab. 77. dargestellt, weil die mehrsten Schleusen des Canals anfänglich so construirt wurden. Man sieht aus dieser Zeichnung: dafs die Schleusen ohne einen Pfahl - und Schwellrost erbaut sind, mithin auf einen sehr festen Boden liegen. „Nur von Toulouse abwärts findet man auf den Canal rechtwinkeligte Schleusenkammern, „welche früher als die übrigen Schleusen erbaut worden sind. Die Durchschleusung des Schiffes „durch eine Kammer dauert 5 bis 7 Minuten."

Drittens.

Der östliche Canalast von der obersten Haltung oder dem Theilungspunkte bis zum mittelländischen Meer.

§. 108. Die Wahl dieser Canallinie bot viele Schwierigkeiten dar, und erforderte eine, auf die genaueste Localuntersuchung gegründete, Ueberlegung.

„Ihre erste Abtheilung (in Beziehung auf neuen Wasserzuflufs) geht von der „obern 4847 mètres langen Canalhaltung bis oberhalb Carcassone, welche blos von „dem Wasser des Leitgrabens gespeifst wird. Ihre Länge beträgt 51988 m., und „ihr Fall 95 m., dem sie durch 25 Schleusen (38 mit 36 Thoren versehenen Schleu-„senkammern) übersteigt. Acht Aqueducte führen unter derselben das Wasser der „Bäche durch; eben so viele mit der Oberfläche des Wassers gleichliegende Ueberfälle „und sieben Grundablässe befreyen sie vom Hochwasser. Aber man sollte nach des „Directors Claussade Vorschlag noch sieben Grundablässe anlegen, um die Canalhal-„tungen von dem Bergwasser, welches darin eintritt, schnell zu befreyen. Weiter „abwärts als Carcassone nimmt diese Abtheilung das Wasser des Fresquel bey dessen „gewöhnlichen Wasserstande auf."

„Die zweyte Abtheilung der östlichen Canallinie beginnt beym Brückencanal „von Fresquel und endigt bey der Schleuse d'Argens oder dem Bach Orbiel. Sie hat „auf 43833 m. einen Fall von 63 m., den sie mit 22 Schleusenkammern übersteigt. „Funfzehn Aqueducte führen unter dieser Abtheilung das Wasser von eben so viel „kleinen Bächen und Gräben durch; 14 Ueberlässe und 13 Grundablässe und ein he-„berartiger Grundablafs befreyen dieselbe vom überflüssigen Wasser. Mittelst einer „1000 m. langen Rigole wird an ihrem Ende das Wasser des, durch einen Steindamm „erhöhten, Orbielbaches in den Canal geleitet. Herr Claussade hat vorgeschlagen, „noch fünf Aqueducte unter dieser Canalabtheilung anzulegen."

„Die dritte Abtheilung dieser östlichen Canallinie geht vom Orbiel zum Orbflufs; „sie nimmt auch die Bäche Ognon und Cesse auf. Sie übersteigt auf 54712 m. „Länge den 24 m. hohen Fall mit neun Schleusenkammern. Von ihrem der Schiff-„fahrt entbehrlichen Wasser wird sie durch 13 Seitenüberfälle, deren Rücken dem „Schifffahrtswasser gleich liegen, mit 10 ordinairen und 2 heberartigen Grundablässen, „befreyt."

„Die vierte und letzte vorzüglich vom Orbflufs gespeifste Abtheilung geht von „Beziers bis unter Agde. Sie hat eine Länge von 33549 m., aber nur 8 m. Fall, „der mit fünf Schleusenkammern überstiegen wird; durch einen Aqueduct, sieben „Seitenüberfällen, und einem Grundablasse entlastet sie sich von ihrem, zur Schiff-„fahrt überflüssigen, Wasser."

„Den Wasserbedarf rechnet der Director Claussade vom Theilungspunkte auf „ein Jahr: 1) für die östliche Canalabtheilung 12,000000 Cubikmètres; 2) für den „westlichen zehn Millionen, 3) die durch Bewässerung, Filtration, Ausdünstung und

„durch die Grundablässe dem Canal entgehende Wassermenge 21,200000 Cubikmètres;
„die Wasserverschwendung durch die Grundablässe würde gröfstentheils wegfallen,
„wenn bey Naurouse ein Bassin läge, indem man alsdann dem Canal nur so viel zu-
„führen dürfte, als seine Schifffahrt erfordert. Die jährliche aus dem Orbiel, Fres-
„quel und Cesse kommende Zuflufs beträgt nach ihm 32 Millionen Cubikmètres."

§. 109. Nach dieser allgemeinen Darstellung gehe ich zu der speciellen über. Von der obersten Canalhaltung bey Naurouse, das ist vom Theilungspunkte, senkt sich der Canal in das Thal des *Treboulflusses*, über den er mittelst einer Brückleitung oder eines Brückcanals oberhalb Villepinte geht. Dies war der erste unter dem Canal angelegte Durchlafs: denn die übrigen Bäche nahm man mit Hülfe angelegter Schlammbehältnisse (cales) in den Canal auf. Gegen dem Städtchen Villepinte über ist der zweyte Durchlafs, nämlich der im §. 10. beschriebenen von Mesuran, durch den die von Rascous und Villasavary herabkommenden Bäche, unter den Canal durch und in den Treboul fliefsen. Dem gegenüber liegt in der linkseitigen Canalwand ein Ueberlafs, wodurch der Canal sein Wasser mit dem des durch den Durchlafs von Mesuran fliefsenden vereinigt. Dies ist sehr zweckmäfsig, und man sollte in der einen Wand eines jeden Durchlasses immer einen Ueberfall und Grundablafs anbringen!

§. 110. Die erste Schleuse am Theilungspunkte ist die von *Médecin* oder der obern zwischen den Schleusen von *Monferrand* und Medecin liegenden 4847 mètres langen Canalhaltung, worüber eine Brücke führt. Bey Castelnaudary liegt die mit vier Kammern versehene Schleuse St. Roch und der Canal macht ein grofses Bassin, worin eine mit Pappeln bepflanzte Insel angelegt ist. Dieses speifst die genannte Schleuse, und versieht eine Mühle mit Wasser; das zur Schifffahrt entbehrliche hingegen wird durch einen Ueberlafs in den Treboul geleitet. Von Villepinte geht der Canal auf dem rechtseitigen Ufer des den Treboul aufgenommenen Fresquel über mehrere Durchlässe bis auf eine halbe Lieue von Carcassone vorbey. Gegen einen mäfsigen Beytrag wurde dieser Stadt der Vorschlag gemacht, den Canal längs ihren Mauern zu ziehen, aber sie verstand sich zu diesem nicht, und so haben sie ihre damaligen Vorsteher eines grofsen Nutzens, so lange beraubt, bis die jetzigen Bewohner, ihr Befstes mehr einsehend — sich zu einem Beytrage verstanden. Die Aufnahme des Fresquel-Baches bey Pontrouge in den Canal verursachte Schlamm- und Sandanhäufungen, so wie Ueberschwemmungen. Diese Uebel erzeugten zwey Vorschläge; nach dem einen wollte man den Fresquel zwischen Dämmen einschliefsen und queer über den Canal leiten; dessen freyes Einströmen in den Canal durch zwey anzulegende Thore in seinen Wänden verhindern; nach dem zweyten sollte dieser Flufs unter den Canal, ohne dessen Direction und Schleusenfälle abzuändern, durchgeführt werden! Der erste Antrag war mifslich, hinderte die Schifffahrt auf kurze Zeit, der letzte würde beym Aufwand grofser Kosten die Ueberschwemmungen der Flufsgegenden vermehrt haben! Es ist daher ein dritter Entwurf, nach welchem die

jetzige Canallinie bey der Schleuse von Foucand verlassen und eine neue Canalstrecke, nahe vor Carcassone vorbeygeführt ist, angenommen worden. Die drey Schleusenkammern von Foucand, die zwey der Schleusen von Vilaudy und die Schleuse von Fresquel sind durch vier andere Schleusen ersetzt, wovon eine unterhalb des bey Carcassone ausgehobenen Hafens, die zweyte bey der Meierey St. Jean angelegt ist; die übrigen machen mit der Schleuse von Fresquel *einen* Schleusenfall von drey Kammern. Der Fluſs Fresquel selbst hat hier ein neues Bett erhalten, worüber der Canal in einer Brückwasserleitung oberhalb diesen aus Sandsteinen erbauten Schleusenfall geführt worden ist. „Indem man zu der letzten Schleuse noch zwey Kammern „hinzufügte, konnte man diesem Brückcanal *) die nöthige Höhe geben und eine „wesentliche Verbesserung bewirken, die sonst unerreichbar war." Der Canal würde aber das Wasser des *Fresquel* entbehren, wenn man nicht aus demselben eine neue Ableitung (Rigole) gemacht hätte. „In dem zu diesem Behufe in den Fresquel an„gelegten Wehr sind Grundablässe angebracht, in der Rigole liegt eine aus einem „Stemmthore bestehende Stauschleuse, um von ihr und vom Canal das Hochwasser „abzuhalten; die Ufer der Rigole bestehen aus trockenem Mauerwerk. Auf diese „Weise wird der Canal vom Hochgewässer und dem von denselben eingeführten Ma„teriale freygehalten. Diese wichtige und schöne Verlegung des Mittäglichen Canals „bey Carcassone ist bis 1810 trefflich ausgeführt worden. Das Project dazu war „schon zu Zeiten Riquets entworfen, jedoch ist darüber kein früherer Kostenanschlag „als der von 1787 bekannt. Die Urheber des speciellen Entwurfes waren die Ingeni„eurs *Garipuy*, *Saget*, *Grangent* und *Ducros*; die Ingenieure *Aspect*, *Jsnard*, *Leclerc* „und *Georget* haben nützliche Veränderungen bey der Construction gemacht und der „letztere hat diese Anlage ganz ausgeführt."

„Die Abtheilung des neuen Bettes vom *Fresquel*, welches man um den Fall „der untern Schleusen zu der für den Brückcanal erforderlichen Höhe zu gewinnen, „auszugraben genöthigt war, hat eine Länge von 1479 m. 50 c. Der Fall vom An„fange des Durchstiches bis zum Flusse Aude beträgt 4 Fuſs 10 Zoll 2 Linien, oder „1 m. 574 millimêtres. Oberhalb, d. h. am Anfange dieses Durchstiches 326 m. „vom Brückcanal entfernt, liegt das oben erwähnte steinerne Wehr, welches das „Wasser des Fresquel aufstauet, und beym niedrigen Stande dieses Flusses dasselbe „durch die zum Theil vom alten Canal- und Fluſsbett gebildete Rigole unterhalb der

*) »Derselbe hat mit dem Brückcanal von *Cesse* Tab. 82. sehr viel gemein. Die drey Bögen sind »von gleicher Oeffnung und aus fünf Mittelpunkten beschrieben. Jeder Bogen ist etwa 34 Fuſs »(11 m. 69 d.) weit, und seine Höhe verhält sich zur Weite wie 1 : 4. Die Pfeiler sind 9 Fuſs »dick. Die Breite dieses Brückcanals beträgt (25, 35 m.) 78 Fuſs. Auf der einen Seite des »Wasserbettes geht der Ziehweg, auf der andern eine gepflasterte Chaussee.« Von diesem auf Felsen gegründeten Brückcanal findet man in Schulzens Beyträgen der Wasserbaukunst Tab. XV. eine ziemlich richtige Zeichnung, die den übrigen bereits beschriebenen Brückcanälen ähnlich ist; daher ich die Kupfer dieses Werkes damit nicht zu vermehren für nothwendig finde.

„Schleuse dem Canal zuführt. Die gesammte Länge des neuen Canals beträgt „(7064 mètres 46 centimètres) 21754 Schuh 10 Zoll; davon mifst das verlassene „Canalstück (5163 m. 25 centim.) 15900 Schuh, daher ist die neue Richtung des Ca-„nals 1901 mètres länger als die alte. Die Breite beträgt in der Oberfläche (17 m. „53 c.) 54 Schuh, und von der Canalsohle (9 m. 44 c.) 30 Schuh. Die Wasser-„tiefe ist (1 m. 95 c.) sechs Fufs, und des Ziehweges Breite mifst im Mittel (2 m. „92 c.) 9 Schuh. Die in dieser Canalverlegung bestehenden Werke sind 1) das bey „Carcassone liegende Bassin oder der Hafen, dessen Länge 111 m., dessen Breite „48 und dessen Tiefe 3 m. beträgt, und der 40 Canalbarken aufnehmen kann. 2) „Der grofse Brückcanal von Fresquel, den ich mit der äussersten Sorgfalt ausgeführt „gefunden habe. 3) Drey Aequeducte, wovon der von Nazaire und St. Jean zwi-„schen der Schleuse von Carcassone und St. Jean liegen; ferner vier Schleusenkam-„mern, eine bey St. Jean, die zweyte bey Carcassone, welche mit Brücken versehen „sind; die andern zwey liegen gleich unter dem Brückcanal, und darunter trifft man „die Schleuse von Fresquel. Auch diese neuen Schleusen haben eine ovale Form; „ihre Länge beträgt 27,2775. m, die Breite 9,7420m. Jede Schleuse hat, ohne „ihre Brücke, 80,000, mit der Brücke 100,000, und die gesammte Canal-Abände-„rung 2,130000 Frank gekostet."

§. 111. Von dieser abgeänderten Canalstrecke läuft der Canal am linken Ufer des sich mit dem Fresquel vereinigenden Audeflufs, und empfängt zuerst das Wasser der aus dem Fresquel abgeleiteten Rigole, und dann bey Trebes, einen neuen Wasserzuflufs aus dem Bach *orviel* oder *orbiel*, mittelst eines 400 Klafter lang seyenden Leitgrabens. Ueber den Orviel geht der Canal aber in einem §. 13. beschriebenen in Tab. 82. dargestellten Brückcanal. „Derselbe war noch vor einigen Jahren solch star-„ken Filtrationen ausgesetzt, dafs dadurch die Gewölbsteine litten, und einige schon „zum Theil verwittert waren. Der Ingenieur Lespinasse liefs den alten über dem „Gewölbe liegenden Beton wegnehmen, und ersetzte denselben durch eine 6 Zoll hohe „Lage aus $\frac{13}{100}$ lebendigem Kalch, $\frac{25}{100}$ Pozelan und $\frac{62}{100}$ zerschlagenen Quarz oder „Sandstein bestehenden Beton. Derselbe verhärtete sich in 6 bis 9 Tagen, und seit „dessen Anwendung sind alle Filtrationen, durch die gewölbte Decke des Brückcanals „von Orviel, aufgehoben. Der Ingenieur Lespinasse hat sogar Schleusendrempel mit „solchem Beton gemacht, die sich vollkommen gut erhalten haben." Um diesen Bach, während dürrer Jahreszeit, mittelst einer Rigole in den Canal einzuführen, ist oberhalb der Brückwasserleitung ein Stauwehr (*chaussée*) angelegt, das des Baches Oberfläche mit der des Canals in einen Horizont setzt. „Dieses Orvielwehr ist wie „die übrigen zum Behuf der Speisung des Mittäglichen-Canals angelegten Wehre aus „Werkstücken erbaut, dann mit einem einen Schuh hohen provisorischen Erd-Damm „(beym niedrigsten Wasserstande) erhöht. Ist der Erd-Damm des besagten Wehres „vom Hochgewässer des Orvielbaches fortgerissen, so ergiefst sich dieses in den Aude-

„flufs." Die aus dem Oroielbach abgehende Leitung hat 12′, 4″, 10‴ (4 mètres 3 centimètres) zur Breite; 1′ 1″ 8‴ (4 decimètres) zur Tiefe; 8 Zoll (216 millimètres) Geschwindigkeit in der Secunde und liefert 10 Cubikschuh 364, 2 Cubikzoll (350 litres). „Da ein Theil des jenseitigen Ufers vor 30 Jahren vom Flusse weg„gerissen wurde, so mufste dieses Wehr beträchtlich verlängert werden. Dasselbe „hat nur zwey 3 Schuh breite mit Schützen zu verschliefsende Grundablässe. Es ist „daher natürlich: dafs sich oberhalb des Wehres alles Materiale deponirt, und so „das Flufsbett nach und nach erhöht wird."

§. 112. Unterhalb Trèbes läuft der Canal auf einen schmalen Abhang längs dem Teich *Marseillette* bis zur Schleuse *d'Argens*, bey welcher die grofse Canalhaltung anfängt. „Den, gleich unterhalb der Schleuse von Aiguille bey dem jetzt von „einer Irländerin vollkommen ausgetrockneten und urbar gemachten Teich Marseillette, „liegenden Durchlafs *Aiguille*, hat man vor einigen Jahren neu erbaut. Während sei„nes Baues gieng die Schifffahrt in einen provisorischen hölzernen, aus zusammen „gefügten und gut calfaterten Balken bestehenden, und auf eingerammten Pfählen ge„legten Brückcanal, der gar kein Wasser durchliefs. Es findet sich in der Ingenieurs„Schule zu Paris die Zeichnung eines ähnlichen Brückcanals, die *Schulze* in seinen „Beyträgen zur Wasserbaukunst, Tab. IV. hat stechen lassen. — Ein bey Erneuerung „der Durchlässe sehr nützliches Hülfsmittel."

§. 113. Der gröfste Durchlafs dieser Canalhaltung ist der, welcher den Argendouble-Bach unter den Canal durchleitet. Anfänglich vereinigte sich dieser Bach mit dem Canal, und es war zu diesem Behuf ein Wehr in dessen Bett angelegt. Von *Carcassone* bis zur Schleuse von *Argens* bestehen mehrere auf Tab. 97. mit *Aq.* bezeichneten, und in der später kommenden Uebersicht angegebenen Durchlässe.

§. 114. Oberhalb der Schleuse von Argens, ohnweit Olonzac, nimmt der Canal den Ognonbach auf, nämlich mittelst denen bereits im 2ten Bande Seite 608 beschriebenen Anlagen, welche Stelle nachzulesen ist. Der Ognon ist 11′, 1″, 9‴ (3 mètres 35 centim.) breit; 3″, 8‴ (1 decimètre) tief, läuft beym niedrigsten Wasserstande mit einer Geschwindigkeit von 3″ 8‴, liefert daher nur 1638, 5 Cibikzoll in der Secunde. Bey dem geringsten Regen schwellt derselbe bis 1′, 6″, 1‴ (49 decim.) und seine Hochgewässer führen auf eine Distanz von 720 Schuh weit das Material, welches von der Stauschleuse (demi-ecluse, zurückgehalten wird, in den Canal, wodurch die Schifffahrt gestört ist. „Bey der Leitung des Ognon durch „den Canal ist zu bemerken, dafs das rechtseitige Ueberfallwehr nicht aus Holz, wie in „Fig 16. Tab. 93. angegeben ist, sondern aus Werkstücken besteht; das untere „gleichfalls daraus erbaute und auf Felsen gegründete Wehr (chaussée) bildete ehe„mals das Canalufer. Gegenwärtig wird es nur erhalten, um den Wassersturz über „das obere Wehr zu verringern, folglich das Grundbett hoch zu halten, demnach „das obere Wehr gegen die aus einem höhern Uebersturz ertstehende Unterwaschung

„zu sichern. Dieses letztere wird beym niedrigen Wasser, wie alle Ueberfallwehre „dieses Canals, mit einem zwey bis drey Schuh schmalen Rasendamm, während dür„ren Jahreszeiten, erhöht."

Vielleicht könnte man den Ognon unter den Canal durchleiten, während er anschwillt; zu andern Zeiten aber in den Canal führen; wenn es nämlich thunlich wäre, oberhalb der Schleuse Homps einen Brückcanal zu machen, wodurch die Canalsohle gegen die Lage bey der Schleuse von Ognon so viel erhoben würde, als der Fall dieser Schleuse beträgt. Vielleicht hätte man auch eine hinreichende Höhe für die Hochgewässer des Ognon, mittelst eines Durchlaſswehres, wie beym Orbflusse, erhalten, wenn dieselben oberhalb des Schleusenfalles von Ognon unter den Canal geführt worden wären. Doch dieses läſst sich nur nach dem Stande der Hochgewässer beurtheilen!!

Ich muſs hier noch bemerken: daſs man in die vom Canal auf seinem Wege aufgenommenen Bäche, oberhalb ihres Einflusses, Stauwehre auch Schützthore angebracht hat, um sie während ihrer Anschwellungen, wobey sie viel Material führen, vom Canal abzuhalten, und nachher wieder in denselben einzulassen *). Seitwärts der Halbschleuse (demi-écluse) (Fig. 16. Tab. 93.) wird der mit drey Ziehschützen versehene dargestellte Grund-Durchlaſs geöffnet, wenn es nöthig ist. Dann ström das Hochwasser des Ognonbaches durch das, zwischen der Halbschleuse und den Schleusen von Ognon liegende, Canalstück (canalet) macht darin die Wirkung einer Spühlschleuse, und reinigt also des kleinen Canalstückes Bett von Kiesel und Schlamm. Von den Schleusen von Ognon geht eine Ableitung (rigole de fuite), die sich in das Canalstück, oder in die, unter der Schleuse von Ognon liegende, Haltung (canalet) ergieſst.

§. 115. Die gröſste Canalhaltung des Mittäglichen-Canals geht von der Schleuse bey Argens bis zum Schleusenfall von Fonserane. Ihre Länge beträgt 27450 Klafter; sie wird zugleich mittelst einer, aus dem Cesseflufs geführten, Leitung von Mirepeisset gespeiſst; dieselbe fängt nämlich daselbst an, wo der Fluſs, mittelst eines Wehres, abgedammt ist, und läuft längs einem Bergabhange, wovon ihr viel Erde und Schlamm zugeführt wird, von welchem sie jährlich geräumt werden muſs. Sie hat eine Länge von 1693 Klafter (33 Kilomètres); ihre Breite beträgt 12 Fuſs (39 decimètres), ihre Tiefe 2 Fuſs (65 centimètres) und die Geschwindigkeit 2 Zoll $2\frac{6}{10}$ Linien (16 centimètres), so daſs sie in jeder Secunde 11 Cubikschuh 1056 Cubikzoll Wasser liefert. „Sie hat öfters eine viel gröſsere Geschwindigkeit, wie hier nach Andreossy „angegeben ist, und ich habe sie zu $2\frac{2}{3}$ Fuſs in der Secunde gefundeu." Dasjenige Wasser-Volumen, dessen der Canal aus dieser Leitung von Mirepeisset nicht benö-

*) Die Bergwässer ergieſsen sich zuerst in Schlammbehältnisse (cales) wovon sie in den Canal eintreten, die jedoch nicht viel nützen, weil diese Wassermasse auch auf der Oberfläche mit Schlamm geschwängert ist.

thigt ist, fällt oberhalb dem Brückcanal von Cesse *) durch einen, in der Rigole angebrachten, Ablafs in das Bett des Cesseflusses zurück, wie dies die Karte Tab. 97. zeigt. An der Stelle, wo der Brückcanal über den Cesseflufs geht, hatte man bey der ersten Anlage des Canals ein gekrümmtes Wehr zum Aufstauen des Cesseflufs, und zwar bis zur fahrbahren Canalhöhe gemacht; jetzt aber besteht der Seite 17 erwähnte Brückcanal aus drey Bogen. Damals trat also das Material des Cesseflusses in den Canal, der hohe Strom verursachte daher auch Versandungen, Ueberströmungen und Durchbrüche der Canaldämme.

Ehemals war die lange Canalhaltung mit Wasserpflanzen bedeckt, die mit vielen Kosten, durch Maschinen und Menschenhänden abgeschnitten oder ausgegraben wurden; „gegenwärtig ist sie davon frey." In dieser Haltung steht das Wasser nicht allemal horizontal, indem nach bewirkter Füllung, Zeit verstreicht, bevor es sich von der Schleuse d'Argens bis zum Schleusenfall von Fonserane wagerecht stellt; sie ist daher ein Beweis: dafs man den Stand des in langen Austrocknungs- oder Entwässerungs-Canälen stehenden Wassers nicht allemal für wagerecht halten könne. Ja, in dieser Haltung hat schon das Wasser zu Ventenac 22 centimêtres, wenn es zu Fonserane 21 centimêtres stand. Siebenzehn Durchlässe führen unter diese, ohnweit dem letzten Schleusenfall, 36' breite in Felsen gesprengte Haltung, die Berg-, Schnee- und Regengewässer durch. Darin liegen überdies die Brückcanäle von Cesse und Repudre, welche im Allgemeinen unter die 54 Durchlässe begriffen sind, die man nach dem Vorschlage Vauban's anlegte. Anfänglich waren nämlich in den Canal fast alle, ihn durchkreuzenden, Bäche eingeleitet worden, und in den gröfsten hatte man Wehre gelegt, um diese Bäche bis zur Canaloberfläche aufzustauen. Dieses, den Maximen der Canalbaukunde widersprechende Verfahren kann füglich mit den Umständen gerechtfertiget werden, dafs man genöthiget war, die Schifffahrt bald zu eröffnen, um den Widersachern dieser Unternehmung, die laut ihre Zweifel an dem glücklichen Erfolge hören liefsen, ein Stillschweigen zu gebieten, und die Regierung nicht schwankend zu machen. Nachher sah man sehr bald das daraus entstandene Uebel: nämlich die Versandungen und Ueberströmungen des Canals ein; man entschlofs sich daher zur Anlage der Durchlässe und Ueberfälle, so wie auch zu den ohnweit Ventenac und Capestang angelegten heberartigen Grundablässen. Seite 9.

„Die Trace der langen Canalhaltung scheint mir besonders gut gewählt zu „seyn; mit vielem Verstande hat man sie so hoch als möglich gelegt, um dadurch „Höhe genug für die, die verschiedenen Bäche unter dieselben durchleitenden Aqueducte „zu gewinnen. Sie ist daher immer auf der Höhe eines Abhangs der Berge geführt, „und folgt so allen Krümmungen, dieser sich in das Thal des Audeflusses herabsen„kenden, Berge."

*) „Der Brückcanal von Cesse Tab. 82. besteht aus einem Nagelflue- und Muschel-Conglomorat und „Sandsteinen; letztere sind in der Mitte sehr bedeutend angegriffen. Die Filtration ist in allen „drey Bögen beträchtlich, und mehrere Gewölbsteine haben hierdurch schon gelitten."

§. 116. Oberhalb der Brückwasserleitung von Cesse geht von diesem Flusse eine Wasserleitung (Rigole de Cesse) ab. „Sie hat zwey Grundablässe, jeder mit „einem Schütz. Ein Grundablaſs liegt vor der Rigole, um dieselbe vor dem Hoch„wasser zu bewahren, die andere um nach dem Fluſs das überflüssige Wasser abzu„lassen. Im Flusse sind zwey Wehre, eines beym Eingange der Rigole, und eines „nicht weit oberhalb der Brückwasserleitung, beyde sind massiv. Das obere, un„terhalb der Rigole angebrachte Wehr ist durch einen geringen Erdaufwurf von ei„nigen Schuhen erhöht. Er wird von jedem bedeutenden Hochwasser weggeführt, „und so dem Wasser ein Abfluſs verschafft. Diese Aufdämmung dient also nur da„zu, um beym kleinen Wasserstand den Fluſs zu stauen und in die Rigole zu lei„ten. Er wird daher nach jedem Hochwasser erneuert."

§. 117. Da weiter unten der, ohnweit des über den Cessefluſs gehenden, Brückcanals seitwärts abzuführenden Canals von Narbonne beschrieben werden wird, so handle ich hier nur vom Hauptcanal, und erwähne blos der, in der langen Haltung unterirdisch geführten, aus einem festen Tufstein bestehenden Canalstrecke (la Percée du Malpas) die ich bereits S. 61. ausführlich angezeigt habe, und die zur Hälfte mit einem Gewölbe untermauert ist. „Dieselbe wäre gänzlich vermieden, „wenn man den Canal nach den Gegenden von Montady oder dem Etang de Vendres „geführt hätte. *Riquet* gab jedoch der jetzigen Canallinie den Vorzug, weil sie we„niger Kosten als die, von *Clerville* projectirte und auf Tab. 97. angegebene, verur„sachte, und kürzer ist; auch wohl vorzüglich aus der Ursache: daſs, indem der „Mittägliche-Canal den innern Verkehr befördern sollte, derselbe durch bewohnte und „fruchtbare Gegenden, und längs wohlhabenden Orten gezogen werden muſste; ferner „um den öfters 15½ Schuh anlaufenden Audefluſs, der viel Material führt, und den „Teich von Vendres, zu vermeiden."

§. 118. Zu den merkwürdigsten Anlagen dieses Canals muſs der im 2ten Bande Seite 723 beschriebene *Schleusenfall von Fonserane*, ohnweit Bezières (Tab. 76.) der eine Höhe von 64 Fuſs, 6 Zoll und 8 Linien hat, so wie das in die Vereinigung des *Orbflusses* mit dem Canal bewirkende *Wehr* (siehe 2ten B. S. 606) gezählt werden. Wiewohl dieser Fluſs den Canal eine überflüssige Wassermenge zuführt, so entstehen hierdurch zwey wesentliche Nachtheile. Erstlich stören des Orbflusses Hochgewässer die Schifffahrt sehr oft, und dann bringen dieselben viel Material in den Canal, den man ehemals mit dem am rechten Ufer der Orb, mittelst eines Stauthores bey Pont-rouge (Tab. 76. Fig. 3.), abgeschlossen hatte. Zu mehrerer Sicherheit ist ein zweytes Thor der Art, 779 mètres abwärts, angelegt, welches man die demi-ecluse von Moulins-neufs nennt, und dieses Thor ist auch noch jetzt beybehalten. Siehe Fig. 8. Tab. 97.; endlich liegt weiter abwärts die Halbschleuse St. Pierre.

§. 119 Unterhalb der Schleuse Notre-Dame vereinigt sich der Canal mit dem Orbfluſs, und geht in einem Wasserpaſs bis zur nächsten Kammerschleuse von

Bayerische Staatsbibliothek München

Arrieges fort, die beyden genannten Halbschleusen haben also keinen Fall. Jetzt bleiben des Orbflusses wegen in dem untern Theil des Canals gewöhnlich nur 129 Tage im Jahr für die Schifffahrt übrig: denn es werden 46 Tage zur Ausbesserung der bey Beziers in den Orbfluſs liegenden Werke gebraucht; 44 Tage über wird die Schifffahrt von den Hochgewässern der Orb unterbrochen, und endlich gehen noch 17 Wintertage, des Eises wegen, verlohren. Von den übrigen 258 Tagen kann man nur die Hälfte für die Schifffahrt rechnen, weil durch den Schleusenfall von Fonserane nur einen Tag um den andern geschleuſst wird, indem zur Ersparniſs des Wassers, oberhalb dem Orbflusse, mehrere Schiffe den Schleusenfall hinaufsteigen müssen. „Das *Orbfluſs-Wehr* oder Durchlaſs-Wehr ohnweit Beziers, ist in einem äusserst „kleinlichen, den übrigen Ausführungen der Canalwerke gar nicht entsprechenden „Styl gebaut. Die zwischen den Pfeilern (s. Tab. 76. Fig. 3. 4. 5. und Tab. 93. Fig. 2.) „sich befindenden Oeffnungen, welche nur 9 Schuh betragen, sind zu klein um das „Hochgewässer, welches überdies durch die nahe stehenden Pfeiler gestaut wird, „durchzulassen. Das höchste Wasser übersteigt daher häufig die oberhalb liegenden „Ufer. In dem, an diesen Grundablaſs sich anschlieſsenden durchaus massiven und „nicht mit Bohlen gedeckten, Wehrdamme hätte man, wie mir scheint, noch mehrere „solche beym höchsten Wasserstande aufzumachende Oeffnungen anlegen sollen. Die „Pfeiler selbst sind nicht hoch genug, und werden so, wie die darüber liegende „Drehbrücken, vom höchsten Wasser überstiegen; der Zutritt zu den Drechständern „um das Manöver des Oeffnens und Schlieſsens zu verrichten (Tab. 93. Fig. 2.) ist „daher, besonders im Winter, äusserst schwierig und gefährlich. Nur drey Tage in „der Woche werden die Balken eingelegt, alle Nächte aber sowohl als die übrigen „Tage bleiben einige oder alle Oeffnungen, je nach dem Wasserstande, unverschlos„sen. Zu diesem Manöver sind zehn ständige Arbeiter bestimmt; es geschieht mit „Leichtigkeit, da die Balken nur 9 Schuh lang, 1 Schuh hoch und 4 bis 5 Zoll dick „sind. Nachdem alle Balkenwände eingelassen, und drey Planken auf dem massiven „Wehr aufgestellt sind (Fig. 3. Tab. 93.) werden, beym gewöhnlichen Wasserstande, „zwey Stunden erfordert, um der Canalhaltung, bis zur Schleuse von *Arièges*, von „dem Orbfluſs eine schiffbahre Wassermenge zuzuführen. Obgleich beym niedrigsten „Wasserstande das Oeffnen des Orbwehres nicht allein unnütz, sondern auch zeitrau„bend ist, so wird dennoch eine Oeffnung, die drey Tage der Schifffahrt in der „Woche ausgenommen, aufgelassen, weil die Canalcasse, einem alten Contract zu „Folge, die Besitzer der oberhalb liegenden Mühlen, je nach der Zahl der Stunden, „in welchen alle Wehr-Oeffnungen geschlossen sind, entschädigen muſs. Die Müh„len erhalten nämlich vom Zusetzen dieser Durchlässe etwas Stauwasser. Ehemals „war, um den Orbfluſs einzuschränken, dessen Geschwindigkeit zu vermehren, da„her die Verschlammungen von der Mündung des Canals abzuhalten, eine Pfahlreihe, „wie sie auf Tab. 76. Fig. 4. bey *h h* angegeben ist, angebracht. Dieselbe lies das

„Wasser seitwärts durch, verminderte also die Geschwindigkeit des Stromes, und „wurde öfters vom Strome fortgerissen. Dadurch entstanden Versandungen in dem „Canal. Seit einigen Jahren hat man an ihrer Stelle einen Steinwurf angelegt, und „seit dieser Zeit sind die Verschlammungen nicht mehr so bedeutend wie vorher, „wo einmal an einem Tage die Mündung auf eine Höhe von 12 Fuſs verlegt wurde. „Gegenwärtig beträgt die jährliche Verschlammung der Canal-Mündung und eines „Theils des Canals 3 bis 4 Fuſs Höhe, welche man durch Schlammkratzer (grapins) „leicht fortbringt. Früher lag, wie vorne erwähnt ist, in der Ausmündung des Ca-„nals die auf Tab. 76. Fig. 3. bey g angegebene Stauschleuse, um dem Schlamm den „Eintritt in den Canal, beym Hochgewässer der Orb, zu versagen; ihr Thor wurde, „als es baufällig war, weggenommen, und seit dieser Zeit ist sie besonders deſswe-„gen nicht wieder durch neue ersetzt worden, weil sich bey jedem Hochwasser viel „Schlamm daran legte, und das Manöver damit sehr erschwerte. Diese Schwierigkeit „würde man jedoch durch Anbringung kleiner Schütze in dem Thore, und eine hier-„durch erzeugte Spühlung, leicht gehoben haben. Die Wiederherstellung der Stau-„schleuse würde gewiſs für das gegen Agde führende Canalstück von bedeutenden „Nutzen seyn."

Anfänglich hatte aber das Wehr des Orb noch gröſsere Nachtheile: denn es war ohne Grund-Durchlässe angelegt, so daſs es Ueberschwemmungen, eine sehr hohe Versandung des Canals und eine Erhöhung des Orbbettes erzeugte. Man sah sich daher zu dem Durchlaſswehr gleichsam gezwungen. Da aber dasselbe, wie wir gezeigt haben, dennoch bedeutende Nachtheile mit sich führt: so ist in den letzten Zeiten der Vorschlag gemacht worden, den Orbfluſs unter den Canal durchzuführen, wo alsdann höchst wahrscheinlich der Schleusenfall von Notre-Dame wegfallen wird. Es müſste nämlich, wegen der Durchleitung des Orbflusses unter dem Canal zwischen den Schleusen von Fonserane und Arièges (siehe N. XLI. auf der Karte 4. Tab. 97.) bis zur Halbschleuse von Moulins-neufs ein Theil der Canalhaltung in hohen Dämmungen von *K* nach *L* (Fig. 8.) u. s. weiter, seitwärts der jetzigen Canallinie, geführt werden, um die für den Brückcanal erforderliche Höhe zu gewinnen; folglich werden die Schleusen von Notre-Dame und zwey Kammern von Fonserane wegfallen. Hiebey nehme ich eine oberhalb Beziers anzubringende Wasserleitung oder Rigole aus dem Orbflusse an, um mit derselben dem Canal das bey trockener Jahreszeit erforderliche Wasser zuzuführen. Zu welchem Ende in dem Bett des Orb ein Wehr gelegt werden müſste. Vielleicht könnte dieses auch vermieden werden, wenn man aus dem, sich in den Orb bey Beziers eingemündetem Bache (Tiron genannt) eine Rigole in den Canal führte; doch diese Rigole ist vielleicht überflüssig, weil ohnehin diese beynahe zum tiefsten liegende Canalhaltung, Wasser genug aus der groſsen Haltung empfängt, und diese Mittel sind nur von mir in Vorschlag gebracht, weil man behauptet hat, daſs in der langen Canalhaltung zu viel Wasser verseige und verdün-

ste; folglich dessen aus dem Orbflusse, vermittelst des darin liegenden Wehres, ziehen müsse; ja man schätzt die aus dem Orb täglich zu ziehende Wassermasse 6000 Cubik-Klafter (memoire sur les quantités d'eau etc. par Ducros p. 44.)

§. 120. Auf Veranlassung der Stadt *Beziers*, die von den Ueberschwemmungen des Orbflusses viel leidet, ist folgender Vorschlag gemacht worden. *a*) Das in dem Orbflusse unterhalb Pontrouge liegende Wehr Tab. 97. Fig. 3. und Tab. 76. wegzunehmen, *b*) defsfalls zwey Schleusenkammern von Fonserane *) und die Schleuse Notre-Dame eingehen zu lassen: *c*) den Canal von der dritten Kammer des ersten Falls ab über den Bergabhang in Aufdämmungen von *A* bis *K* (sab. 97.) gegen die Schleuse Notre-Dame und von da über eine aus 23 Bogen bestehende Leitung *K L* über das Thal und den Orbflufs zu führen, *d*) den Canal in der Nähe von Beziers zu verlegen, nnd in denselben vier isolirte Schleusen 1. 2. 3. 4. zu erbauen, um die Schleuse Notre-Dame und die zwey Kammern vom Fall zu Fonserane zu ersetzen. Die Ausführung dieser Werke ward zu einer Million Livres angeschlagen. Für diesen Entwurf suchte die Commission den Umstand zu benutzen: dafs bereits Vauban vor 1706 diese Idee gehabt habe. Müssen denn überall treffliche Vorschläge durch die Authorität der Verstorbenen, die dem Neide entrückt sind, unterstützt werden?

§. 121. Von Beziers an versieht, wie gesagt, der Orbflufs den Canal bis zur Schleuse Portiragnes zum Theil mit Wasser. Jenseits dieser Schleuse trifft man den, den Canal kreutzenden, Wildbach Libron. Wiewohl derselbe den gröfsten Theil des Jahres trocken ist, so läuft er dennoch jährlich 20 und mehrmahlen von Regengüssen an, und bringt dann viel Material, welches den Canal anfüllen würde, wenn man nicht eine Einrichtung gemacht hätte, vermittelst welcher derselbe, bey hohen Anschwellungen, über den Canal geleitet wird. Da wegen des geringen Falles, den der Canal von hier bis zum Meer hat, und der nur vier Schuh beträgt, weder ein Brückcanal noch ein Durchlafs angelegt werden konnte, so hat man folgende sinnreiche Vorrictung mit einer Barke (Tab. 82. barqne de Libron) bewerkstelliget. *a*) Längs den beyden Seiten des Canals sind zwey Mauern queer über den Libron auf die Weite desselben (11 Klafter) aufgeführt. *b*) Der Canal ist bis auf 21 Schuh zusammengezogen, *c*) unterhalb der untern Mauer, die queer über den Libron geht, ist ein 4 Klafter breites Wehr *f* angelegt. Schwellt dieser Bach an: so wird ein oberhalb der Brücke über den Libron stehender Prahm, der zwey Seitenwände gegen den Canal hat, in die enge Stelle des Canals, zwischen die oben bemerkten Mauern, eingezogen. Dann läfst man diesen Prahm so weit voll Wasser, dafs er vier Schuh untertaucht, wo das Hochgewässer über denselben hinströmt, ohne in den Canal zu treten. Will man ihn, nachdem das Wasser des Libron klar geworden ist, wieder

*) Also giebt die Schleuse von Notre-Dame noch nicht Höhe genug für den Brückcanal in Beziehung auf den höchsten Wasserstand des Orbflusses!

flott haben, so wird das Wasser, vermittelst einer archimedischen Schraube, aus den Prahmen gefördert, und man bringt ihn seitwärts des Canals an.

Diese, die Schifffahrt etwas aufhaltende Einrichtung kann defswegen nicht von zwey Drehthoren, die man in dem Canal, da wo jetzt der Prahm zu liegen kommt, anbringen müfste, ersetzt werden; (wobey die Durchfahrt der Schiffe stets statt finden könnte), „weil das Bett des beym niedrigen Wasser in den Canal fallenden, „beym hohen über denselben, vermittelst der Barke weggehenden Wildbaches *Libron*, „über fünf Fufs höher, als das Bett des Canals liegt. Unter diesen Umständen „würde der Wildbach diesen Zwischenraum mit Schlamm und Kiesel anfüllen. Uebri„gens ist das Manöver mit der Barke nicht sehr zeitraubend; ihre Hinstellung in „die Falze ward, während meiner Anwesenheit im Oktober 1815, in einer Viertel„stunde bewerkstelligt, und binnen einer halben Stunde wurde sie wieder flott ge„macht, und in das oberhalb der Brücke liegende Bassin gebracht. Dieses Manöver „verrichteten zwey Arbeiter."

Um aus den Canal das überflüssige Wasser abzulassen, während die Barke darin liegt (die also die Canalhaltung in zwey Theile abschneidet) sind in den Seitenwänden des Canals, unter *c* und *d*, so wie in den Ufern des Libron, unter dem *f*, Ablässe angelegt, durch denen diesen zwey Canalstrecken (wenn es möglich ist) einiges Wasser entzogen wird. Nach diesem Manöver werden die Ablässe mit Schützen verschlossen.

§. 122. Zwischen den Bächen *Libron* und *Herault* trifft man noch den Bach *Dardillon*, der zwar vom Canal aufgenommen, aber bald von demselben durch einen Balkendurchlafs ins Meer geführt wird. Abwärts kömmt man zur *Runden-Schleuse* (Tab. 77. Fig. 1. und Tab. 97.), die bereits im 2ten Bande Seite 721. beschrieben, und eines der merkwürdigsten Werke des Canals ist. Von derselben geht ein Canalast nach der Stadt *Agde* ab. Oberhalb dieser liegt in dem *Heraultflusse* ein Wehr, welches denselben aufschwellt, so dafs er den Canal mit Wasser versieht. Dieser Flufs führt aber viel Material, und es mufs daher der Canal oft ausgeräumt werden; das Wehr verursacht Ueberschwemmungen, folglich sollte man es mit Grundablässen versehen! Unter der Runden-Schleuse trifft man den Canaltheil von Prades (canalet de Prades) an, der bis zum Teiche *Bagnas* geht, und von der Stauschleuse Prades, gegen Ueberschwemmungen, geschützt wird. Die zwischen der Runden-Schleuse und Portiragnes liegende, und die Bäche von Portiragnes, Ardaillon, Libron, Dardaillon und dem Herault aufnehmende Canalstrecke hat in dem südlichen Canalufer ein und zwanzig Ueberlässe, zur Abführung des überflüssigen Wassers.

§. 123. Nach Zurücklegung der das süfse Wasser am Meerwasser trennenden Schleuse von Bagnas tritt der Canal in den Teich von *Thau*, der eine Länge von 3 Lieues hat, und worin zwey hölzerne Canaldämme auf 127 Klafter hineingehen. Die Schifffahrt auf diesem Teiche ist öfters gefährlich, wiewohl die Schiffe zu Balarue,

Meze, Bourignes und Marseillan gute Bergeplätze finden. Aus diesem Teiche gelangt man zwischen zwey 250 Klafter langen massiven Quais, die eine 50 Klafter breite Wasserstrafse lassen, in den Hafen von Cette, womit der zweyte Band den Leser bekannt gemacht hat. „Folgende Entwürfe, die von denen im 2ten Bande S. 87. „gemachten, wenig abweichen, sind zur Verbesserung dieses Hafens auszuführen „beschlossen. Man will nämlich den Hafendamm E D (Tab. 63. Cette) von D nach C „(also die Oeffnung) mit einer auf einen Steinwurf zu errichtenden Mauer schliefsen, „und dieser Steinwurf ist bereits zum mittlern Stand des Meeres, als ich ihn sah, „empor gestiegen. Dann soll der Damm C F in gerader Richtung, bis über das „Alignement des Dammes A B hinaus, verlängert werden."

§. 124. Von diesem Hafen kann man die Wasserfahrt im Innern des Landes fortsetzen: nämlich auf den *canal der Teiche* (canal des étangs), der aus zwey hölzernen, 13500 Klafter langen Canaldämmen, vor denen an einigen Stellen eine Steinböschung liegt, und diese Dämme sind in den Teichen von Manguelone und Perols mit Pfählen geschlagen. Diese Dämme endigen gegen Perols, wo die Fahrt über den Teich Manguio geht, an dessen jenseitiges Ufer der Canal de la Radel (man sehe die Karte des Canals von Beaucaire auf Tab. 128.) anfängt, aus dem man in den Canal von *Roubine*, und auch nach Aiguesmortes kömmt, von wo aus ein Canal in das Mittelländische-Meer und in den Canal von Beaucaire geht. Von Aiguesmortes geht auch die Fortsetzung des aus dem Visteflusse kommenden Canals Roubine, das ist der Canal *Bourgidou*, nach einem verlassenen Bett der Rhone oder dem Canal *des salins* bey dem Fort *Peccais*, der dieses Bett auch aufwärts verfolgt, und sich bey Silvéréal mit einem Arm der Rhone, von Arles herabkommend, vereinigt.

§. 25. Jetzt will ich den Fall und die Entfernungen der Schleusen der östlichen Abtheilung des Mittäglichen-Canals, das ist vom Theilungspunkte dieses Canals bis zum Teich von Thau, angegeben, wie dies bisher bekannt ist Ich liefere diese Uebersicht, so wie der Canal bestand, ohne die damit bis 1811 bewerkstelligte Abänderung bey Carcassone, und gebe diese letztere in der *Note* b) an.

Nummer der Schleusen auf Tab. 97.	Benennung der Schleusen.	Anzahl der Schleusenkammern	Entfernung in Klafter	Fall der Schleusen. Fufs	Zoll	Linien	Länge des Schleusenkörpers. Klafter
I	Medecin *a)*	1	2764	8	3	10	30
II	Roc	2	366	15	11	11	47
III	Laurens	3	598	20	1	5	69
IV	Domergue	1	562	7	5	10	26
V	Laplanque	1	608	7	3	3	30
VI	St. Roch	4	2276	29	7	10	86
VII	Gay	2	756	16	3	2	47
VIII	Vivier	3	781	21	3	3	69
IX	Guillermi	1	127	10	9	0	27
X	St. Sernin	1	275	6	1	2	27
XI	Guerre	1	459	7	11	5	27
XII	La Peyruque	1	538	6	3	6	27
XIII	La criminelle	1	234	10	6	0	27
XIV	Treboul	1	748	9	0	6	27
XV	Villepinte	1	1925	8	7	3	28
XVI	Sauzens	1	871	7	7	10	27
XVII	Bram	1	595	7	9	0	27
XVIII	Béteille	1	2827	7	2	4	27
XIX	Villeseque	1	3638	8	0	3	27
XX	Lalande	2	2527½	18	1	6	47
XXI	Hermines	1	114	8	6	0	27
XXII	La Douce	1	672	8	7	6	27
XXIII	Foucand	3	858	20	8	0	63
XXIV	Villaudy } *b)*	2	1753	13	5	0	44
XXV	Fresquel }	1	710	6	2	0	27
XXVI	l'Evêque	1	1903	9	3	0	27
XXVII	Villedubert	1	368	8	8	6	27
XXVIII	Trèbes	3	2274	23	10	0	64
XXIX	Marseillette	1	4001	11	10	6	27
XXX	Fonfile	3	1700	27	5	0	64
XXXI	St. Martin	2	591	17	5	0	47
XXXII	l'Aiguille *c)*	2	866	18	0	0	47
XXXIII	Picheric	2	1512	14	4	0	47
XXXIV	Jouarre	1	3131	10	0	0	27
XXXV	Homps	1	1899	9	9	0	27
XXXVI	Ognon	2	308	17	11	0	47
XXXVII	Pechlaurier	2	1330	14	5	0	48
XXXVIII	Argens	1	1258½	7	2	0	27
XXXIX	Fonserane	8	27450	64	6	6	151
XXXX	Notre-Dame	2	354	8	10	0	49
XXXXI	Variège	1	2635	8	4	6	28
XXXXII	Villeneuve	1	659	7	4	0	28
XXXXIII	Portiragnes	1	2225	4	9	0	28
XXXXIV	écluse - ronde	1	6607	6	7	0	30
XXXXV	du Bagnas	1	4176	5	4	0	28

Folgende für den Ingenieur bemerkungswerthe Anlagen, worunter ich die Schleusen, der Ordnung wegen, nochmals aufnehme, trifft man auf diesem Canalast an: Aqueduct von Baragne; Brücke von Segala; Schleuse von Medecin, von Roc, von Laurens, von Pomerque, von de la Planque; Pont neuf bey Castelnaudary; Brücke nahe beym Bureau; *Bassin* von Castelnaudary; Brücke daselbst; Schleuse und Mühlen von St. Roch, bey Castelnaudary; Schleuse von Gay; Grundablafs (épanchoir) von Vivier; Schleuse von Vivier, von Guillermy, von St. Sernin, de guerre, de la Peyruque, und de la criminelle; Aqueduct und Schleuse von Treboul, Réversoir von Mesuran; Brücke von Villepinte; Aqueduct, épanchoir und Reversoir von Mesuran; épanchoir von Villepinte; Schleuse von Villepinte, von Sauzens, von Bram; Aqueduct von Rebenty; Brücke du diable; Schleuse von Béteille, Aqueduct von Lespitalet; Brücke von Villeseque; Aqueduct von Delfaix; épanchoir von Villeseque; Schleuse von Villeseque; Brücke von Sauzens, von Rocles; Schleuse von de la Lande, von Herminis; de la Douce; Aqueduct von Saume; épanchoir von Foucand, Schleuse von Foucand *b)* Brücke von Foucand oder Larnouze; Aqueduct von Larnouze; Stützmauer von Gougens; Brücke daselbst; épanchoir de Villaudy; Schleuse von Villaudy *b)*; Brücke de la Daurade; Brückwasserleitung von Fresquel; Schleuse von Fresquel; Wehr im Fresquel; épanchoir de Fresquel; Brücke von Conques; Reversoir von Baffies; Brücke von Méjanne; Aqueduct und Reversoir von Baffies; Aqueduct von Trapel; Schleuse von Evêque, von Villedubert; Aqueduct von Dejan; Brücke de le rode, Orviel- oder Orbielflufs, der unter den schon beschriebenen in Tab. 82. dargestellten Brückwasserleitung durchgeht, und oberhalb ein Stauwehr hat. Brücke bey Trebes; Rigole daselbst; Aqueduct von St. Felix; Schleusen von Trebes mit zwey in ihren Umläufen liegenden Mühlen; Brücke von Milpetit, von Millegrand; Aqueduct von Millegrand, von Mercier; Grundablafs (épanchoir de fond) von Marseillette; der épanchoir á Siphon; Brücke daselbst; Schleuse von Marseillette, von Fonfille, von St. Martin; Aqueduct de l'aiguille, de St. Martin; Schleuse von Aiguille; Brücke von Rieux; Schleuse von Picheric; alte Brücke über die Redorte; Aqueduct de Ribaussel; neue Brücke über die Redorte; épanchoir und déversoir *d'argent double*; Aqueduct de Redorte; Brücke von victarie du Bois; Schleuse von Jouarres; déversoir de Jouarres; Aqueduct des Baches Jouarres; Brücke darüber und Aqueduct des Teiches von Jouarres; Brücke von Homps; Schleuse von Homps; Schleuse von Ognon; Wehr des Ognonbaches; épanchoir et demi-écluse d'Ognon (S. Fig. 16. Tab. 93.); Brücke von Ognon; Aqueduct von Bassanel; Aqueduct von Pechlaurier; Schleuse von Pechlaurier; Aqueduct von Argens; Brücke von Argens, von Roubia; épanchoir von Roubia; Aqueduct von Roubia; Stützmauer (längs dem Canal) von Parazza; Brücke daselbst; Aqueduct von Parazza; déversoir et pont-aqueduc de Repudre (Tab. 82.); Aqueduet von St. Paul; Brücke von Ventenac; épanchoir á siphon de Ventenac (s. Fig. 4. Tab. 80.); Brücke von St. Nazaire; Aqueduct Delfieu; Pont neuf de Somail; pont vieux de Somail; Grundablafs von Espatiasse, Fig. 6. 7. u. 8. Tab. 76.; die aus dem Cesseflusse abgeleitete Rigole (rigole de dérivation); Brückwasserleitung von Cesse; s. Tab. 82.; Aqueduct von Cesse; Eintritt des Canals von Narbonne in den Mittäglichen-Canal; Pont neuf d'argeliers; Réversoir von Argeliers; Pont vieux d'Argeliers; Brücke von Pigasse; Aqueduct vou Frenecoupe, von Seriéges; Brücke daselbst; Aqueduct und Reversoir de Quarante; Aqueduct de Malviez; Brücke von Malviez; grofses Réversoir de Lale; Aqueduct von Robiola; épanchoir á siphon (heberartiger Grundablafs) du Fer-de Mulet; nouveau réversoir de Lale; Aqueduct de nötre-Seigné: Brücke von Saisse; Aqueduct von Cabestang; Stützmauer längs dem Canal bey Cabestang; Ruine der Brücke zu Pietat; épanchoir et réversoir de Pietat; Aqueduet de St. Pierre; Brücke von Tresille; Aqueduct de Guerry; Stützmauer von Roquemelane; reversoir u. Aqueduct von Poilles; Brücke daselbst; Aqueduct von Delthou; Brücke von Regimont; durchbrochener Berg von Malpas; Aqueduct von Colombier; Brücke daselbst; Brücke von Gourgasse; von Narbonne; Schleuse von Fonserane (Tab. 76); Schleuse von Notre-Dame; kleine Brücke von Notre-Dame; im Orbflufs das Wehr Pontrouge, und die Stauschleuse des moulins-neufs (Fig. 3. 4. u. 5. Tab. 76. und Fig. 8. Tab. 97.) Brücke und Stauschleuse von St. Pierre; Brücke von Capiscol; Schleuse von Ariéges; Aqueduct von St. Victors; Reversoir von Villeneuve; Schleuse von Villeneuve; Brücke von Caylus; Schleuse von Portiragnes; Brücke von Roucaute; Barke und Brücke vom Wildbach Libron; alte Brücke von Vias; neue Brücke; Brücke von Vias aus 3 Bogen bestehend; neue Schleuse und Brücke; Flufs Herault; Halbschleuse oder Stauthor von Prades; Brücke von St. Bauzelles; Schleuse von Bagnas; Brücke Onglous; endlich der Teich von Thau, und die darin hineingeführten Dämme von Pfahlbau.

a) Von der Schleuse Médecin bis zur Rigole ist die Entfernung 2203 Klafter, und hier wird die oberste Leitung wieder mit aufgeführt.

b) Nachdem mit der Canallinie von Carcassone eine Veränderung vorgenommen ist: so trifft man die neuen Schleusen: mit 2 Kammern unter dem neuen Brückcanal von Fresquel, eine bey der Meyerey St. Jean, und eine bey Carcassone an; die Schleusen Foucand und Villaudy sind abgebrochen. Diese 3 Schleusen haben 34′ 1″ Fall, welcher jetzt auf 4 Kammern vertheilt ist, so dafs jede Kammer 8 Fufs 6 Zoll Fall mifst, wenn der Fall gleich vertheilt wäre; die Schleuse von Carcassone hat aber 7′ 1″, die von St. Jean 8′ 3″, folglich bleiben für die beyden mit der Schleuse von Fresquel zusammengehangene Kammern noch 18′ 9″ übrig. Diese neue Canallinie hat den Aqueduct von Arnouse, die Brücke von Jena, de la paix und von Marengo; noch 2 Aqueducte, die Canalbrücke über den Fresquel, und die prise d'eau du Fresquel.

c) Von dieser Schleuse liegt der 14 Klafter breite Durchlafs von Aiguelle 97 Klafter entfernt.

§. 126. Da beym Canalbau die über den Wasserbedarf bestehender Canäle gemachten Beobachtungen sehr lehrreich sind, so will ich hier liefern: die *Uebersicht derjenigen Wassermenge, welche bey Naurouse, oder dem Theilungs-Puncte des mittäglichen-Canals während der Schifffahrt eines Jahres, d. i., während 320 Tagen gebraucht worden ist.*

Bezeichnung der verschiedenen Verwendungen des Wassers.	Dürre Jahre.			Mittelmäſsig nasse Jahre.		
	Bey geringer Schifffahrt.	Bey mittelmäſsiger Schifffahrt.	Bey einer lebhaften Schifffahrt.	Bey geringer Schifffahrt.	Bey mittelmäſsiger Schifffahrt.	Bey einer lebhaften Schifffahrt.
	Cubikschuh.	Cubiksch.	Cubiksch.	Cubiksch.	Cubiksch.	Cubiksch.
Zur Verseigung und Ausdünstung in der Canalhaltung von Médecin während der Schifffahrt eines Jahres.	7461041	7461041	7461041	7461041	7461041	7461041
Bedürfniſs von 6, 7 oder 8 zweyfachen Schleusengängen, während 48 Stunden in dem westlichen Canalaste, wenn sie 40mal bey sehr dürren Sommer, und 120mal bey mittler Dürre wiederhohlt werden.	153657110	166562694	178661679	153657110	166562694	178661679
Bedürfniſs des östlichen Canalastes zu ähnlichem Behuf.	200238203	220806477	242181351	189752416	209110792	229679067
Zur Füllung der Canalhaltung von Médecin; zum Ersatz der Durchseigung und Verdünstung während der Füllung und des Durchquellens durch die Thore der zwey Schleusen von Monferrand und Médecin. *)	3637368	3637368	3637368	3637368	3637368	3637368
Füllung des westlichen Canalastes und Ersatz der Durchseigung und Verdünstung während den 10 Tagen, in welchen die Füllung bewerkstelliget wird.	33224831	33224831	33224831	33224831	33224831	33224831
Zur Füllung des östlichen Canalastes und des Canals von Narbonne; Wassermenge, welche die Durchseigung und Verdünstung erfordert; Ersatz, welcher durch das Durchquellen durch die Thore der obern Schleuse im Canal von Narbonne, während den 10 Tagen der Füllung verlohren geht.	72900061	72900061	72900061	64582009	64582009	64582009
Summe des Bedürfnisses beym Theilungspuncte	471118614	504592472	538066331	432314775	484578735	517245995

*) Diese zwey Schleusen liegen an den Enden der obersten oder Theilungs-Haltung des Canals.

§. 127. Bey der lebhaften Schifffahrt ist daher das Wasserbedürfniſs am Theilungspuncte 19,461 Cubikschuh in der Secunde. Demnach war die Wassermenge der Leitgräben bey Thomasses, bey ihrem niedrigsten Stande, 16 Cubikfuſs, 835 Cubikzoll, und bey dem höchsten $23\frac{7}{10}$ Cubikfuſs; folglich $\frac{16 \text{ Cubikf. } 835 \text{ Cubikz.} + 23 \text{ Cubikf.} + 1209 \text{ Cubikzoll}}{2}$ = 20 Cubikfuſs, 158 Cubikzoll im Mittel, „welches mit der vom Director Claussade mir in Toulouse mitgetheilten Beobachtung ziemlich übereinstimmt.“ Der östliche Canalast erhält noch vom Theilungspuncte abwärts *a*) aus dem Fresquel, *b*) Orviel, *c*) Ognon, *d*) Cesse, *e*) Orb und *f*) Hérault neue Zuflüsse. Bey dürrer Jahreszeit liefern der Orvielbach 10 Cubikfuſs, 364 Cubikzoll, der Ognonbach 1638,5 Cubikzoll, der Cesseſluſs 11 Cubikfuſs, 1056 Cubikzoll: folglich alle drey Bäche 22 Cubik-Schuh, 1330 Cubik-Zoll. Für die 4 ersten rechnet Andreossy auf 320 Tage 3100800 Cubikklafter, d. i. in der Secunde 24,27, Cubikschuh, folglich würde man für den Fresquel etwa 2 Cubikschuh rechnen können, welches mir zu wenig zu seyn scheint. Der übrige Theil des Canals von Beziers an wird aus den Flüssen Orb und Hérault vollkommen gespeiſst. Nun gebraucht die erste Schleuse am Canal von Narbonne in 320 Tagen (d. i. während der Schifffahrt) 1555312 Cubikklafter, oder in der Secunde 12,187 Cubikschuh; folglich gebraucht der Mittägliche-Canal von Toulouse bis zum Cesseſluſs, d. i. auf die Länge von 101530 Klafter (über 25 Meilen) in jeder Secunde 24,27 + 19,641 — 12,187 = 31,544 Cubikschuh Wasser. Hieraus erkennen wir also folgenden wichtigen Erfahrungssatz: *Die Canäle gebrauchen zu ihrer Speisung wenig Wasser.* Man könnte daher annehmen, wenn diese Data richtig sind, daſs da, wo das Speisewasser 60 Cubikschuh (ich will vorsätzlich hier etwas zusetzen) in der Secunde liefert, ein 25 Meilen langer und 60 Fuſs breiter, mit zwey Aesten versehener Canal, angelegt werden kann, und daſs man höchstens 70 Cubikfuſs in der Secunde zu den gröſsten Canälen gebrauchen wird. Wohl verstanden, wenn die erste Zeit, in welcher die Verseigung noch sehr stark ist, verstrichen ist: denn in dieser kann es sich zutragen, daſs alles Speisewasser verseigt, zumahl wenn man nicht die Canalsohle und die Wände mit der nöthigen, mitgetheilten Vorsicht gemacht hat.

§. 128. Nach dieser wissenschaftlichen Darstellung des Mittäglichen-Canals, von welchem Delille sagt: „Chef d'oeuvre qui vainquit les monts, les champs, les ondes, et joignit les deux mers, qui joignent les deux mondes“, glaube ich noch das Geschichtliche desselben in der Kürze anführen zu müssen. Schon in den frühesten Zeiten der französichen Monarchie erkannte man die Nützlichkeit einer Wasserstraſse zwischen beyden Meeren, wodurch der gefahrvolle Weg zur See um die Spitze von Europa vermieden werden möchte, und *Carl der Groſse* wünschte sie vergeblich, so auch *Franz I.*, *Carl IX.* und *Heinrich IV.* Die ersten oberflächlichen

Ideen unter dem letztern giengen dahin: den *Sorfluſs* mit der *Aude* zu vereinigen, und diese Flüsse sowohl als den *Agout* und die sich in die *Garonne* ergieſsende *Tarn* schiffbar zu machen. Der Cardinal *Joyeuse* besuchte deswegen *Languedoc* 1598, und der Connetable *Montmorency* 1604. Im Jahre 1632 wollte der Cardinal *Richelieu* den Canal unternehmen; der Ingenieur *Tichot* überreichte ihm ein Mémoir, und die Stände von Languedoc wollten 1636 die Entreprise des Canals an den Wenigstfordernden übergeben; aber es geschah nichts. Im Jahre 1650 verfaſste ein gewisser Rieule ein Mémoir, und er sowohl als andere Projectgeber wollten zur Wasserstraſse die Ariège benutzen, dieselbe längs der Garonne bis ohnweit Toulouse leiten, und dann nach Naurouse einen Canal führen. Andere wollten die Sor in den Agout leiten, und von dieser nach Naurouse den Canal ziehen.

§. 129. Dem zu Bonrepos ohnweit Beziers wohnenden *Paul von Riquet* war endlich unter *Ludwig XIV. das Glück beschieden, diesen Canal vorzuschlagen, und gröſstentheils auszuführen.* Derselbe legte 1662 dem Minister *Colbert* seinen Plan vor, nach welchem die Flüsse *Fresquel* und *Lers* durch einen Canal vereiniget werden sollten, den Riquet, mittelst einer aus dem Schwarzenberge nach Graesens zu leitenden Rigole, mit dem Wasser der dortigen Bäche, versehen wollte; zu welcher Rigole derselbe, wie sein an Colbert gerichtetes Schreiben zeigt, auch den Laudot- und Sor-Bach benutzen, und die Bassins Lampy und Férriol anlegen wollte. (Siehe S. 14. histoire du Canal de Languedoc par les descendans de Pierre Paul Riquet 1805.) Bey Graesens sollte damahls der Theilungspunct statt finden; ein Jahr später verlegte *Riquet* denselben bey Naurouse, wo er jetzt ist. Dieser überaus thätige Mann theilte auch einige von andern gemachten Entwürfe zur Richtung der Canallinie mit: nach dem erstern Vorschlage sollte der Canal gegen den Agoutfluſs geführt, und dieser bis zur Tarn schiffbar gemacht werden, diese wollte man bis Moissac am Ausfluſs in die Garonne verfolgen. Aber Riquet glaubte die Unausführbarkeit der Schiffbarmachung dieser zwey mit Wehren und Mühlen besäten Gewässer, welche überdies mit groſser Geschwindigkeit strömen, bezweifeln zu müssen. Nach dem zweyten sollte von dem Theilungspuncte der Canal bis zu dem Bache *Giron* gehen, der sich in den Lersfluſs ergieſst, und nach der andern Seite sollte er gegen die Aude zufallen. Dem Minister *Colbert* gefielen diese Ideen und Riquet, der mit ihm im Briefwechsel stand, untersuchte jetzt die Gegenden näher, um dem vom Könige 1665 nach Languedoc abgeschickten General-Director der Fortificationen *Clerville* den Plan des Canals vorzulegen, von dem er geprüft werden sollte. Vom 8. November 1664 bis 7. Jänner 1665 wurde die von *Riquet* angegebene Canallinie (pag. 21. der angeführten Histoire du Canal) von einigen von den Ständen von Languedoc gewählten Commissarien und Feldmessern, unter welchen letztern auch *François Andreossy* war, besichtiget. und die Gegenden so wie die Bäche des Schwarzenberges, der Sor und Laudot, begangen, um von *Riquet selbst* (pag. 23. der histoire) die Leitung der

Rigolen zu vernehmen. Die Experten überzeugten sich von der Möglichkeit, den Canal mit Wasser zu versehen; jetzt war also die Schwierigkeit gehoben! Indessen glaubten sie: daſs die Leitung dieser Bäche in eine Rigole enorme Kosten verursachen würde; die Sache schien hier scheitern zu wollen, aber *Riquet* erbot sich bey *Colbert*, die Rigole auf seine Kosten und Gefahr, so weit mit 200,000 Livres auszuführen, daſs man handgreiflich davon überzeugt werden könne, daſs sie dem Canal eine hinreichende Wassermenge zuführen werde. Dies geschah auch wirklich, und so hat denn auch *Riquet* mehr Verdienst an der Entstehung des Canals, als der Minister, welcher gleichsam nur die Erlaubniſs gab, daſs ein Anderer ein solches nützliches Werk mit Aufopferung seines Vermögens begann. *Clerville* bestimmte jetzt die Canallinie auf dem rechten Ufer der Aude, wie sie auf Tab. 97. punctirt ist; aber *Riquet* fand dieselbe des Flusses und der Teiche wegen nicht für so zweckmäſsig, als die nach Beziers ausgeführte. Dieser rastlose Mann, der bey Lebzeiten nicht gehörig unterstützt wurde, *) erlebte aber nicht mehr das Vergnügen, den Canal beendigt zu sehen; erst sechs Monathe nach seinem Tode (1681) konnte derselbe unter dem Zujauchzen des nämlichen Adels und Volkes, welches zuvor alles angewendet hatte, die Arbeiten zu hintertreiben, zu denen letzteres nur mit Gewalt und für eine hohe Bezahlung, gezwungen werden muſste, befahren.

Der Leser sieht aus dieser Darstellung, daſs ich vollkommen davon überzeugt bin, daſs *Riquet* der Erfinder des von den Rigolen und der Canallinie gemachten Plans war, und nicht *François Andréossy*, welcher als ein Ingenieur mit mehrern andern die Ausführung der Canalarbeiten dirigirte, und der gewiſs einer der geschicktesten war. Wer in der S. 106. angeführten Schrift, die Aeuſserungen Fr. Andréossy selbst, die in einer seiner Karten (vom Canal) beygefügten Renvoi, wer die Briefe von Froidour; kurz, die Relation von Vauban, mit Unpartheylichkeit liest, muſs *Riquet* als Erfinder jenes Planes erklären, und ich nehme daher mit voller Ueberzeugung meine deswegen im 5ten Bande der ersten Auflage aus der Geschichte des Canals von Grafen Andréossy geschöpfte Meynung, „daſs Fr. Andréossy der Erfinder, und Riquet nur der Unternehmer gewesen sey", zurück. **) Wenn daher *Ludwig* XIV. hätte groſs und edel handeln wollen, so hätte er dem *Riquet* den Canal unentgeldlich verleihen sollen, welches man, vor Bekanntmachung der Schrift seiner Nachkommen, glaubte! Aber der kaum angefangene Canal wurde als eine Domainen-Herrschaft (seigneurie domainiale) im Jahre 1666 an Riquet für 400,000 Livres *verkauft*. Nach der

*) Vauban sagte in seiner über die Bereisung dieses Canals erstatteten Relation: „on n'a jamais entendu le fond de cet ouvrage et l'entrepreneur (Riquet) qui en a été aussi *l'inventeur* n'a été ni conduit, ni aidé comme il le devoit être."

**) Auch gegen meinen Sohn erklärten sich alle am Canal angestellten Ingenieurs einstimmig dahin, daſs sie Riquet für den Erfinder desselben hielten.

Vollendung des Canals sahen sich Riquets-Erben der zum Bau desselben gemachten Vorschüsse, von zwey Millionen wegen, genöthigt, $\frac{7}{12}$ des Canals zu verkaufen, und erst 1724 erwarben sie das Eigenthum des ganzen Canals wieder. Wie es aber gekommen: dafs die National-Versammlung diesen Canal als National-Eigenthum erklärte, und gegenwärtig das französische Gouvernement $\frac{65}{84}$ Antheile des Canals, die Descendenten Riquets, d. i. die Familie der Grafen von Caraman nur $\frac{19}{84}$ Antheile besitzen, ist mir unbekannt geblieben.

Zur Vervollkommnung dieses Canals haben vorzüglich beygetragen die Ingenieure Clerville, Andréossy, Vauban, Niquet, Caripuy, Clausade, Sayet, Grangant und Georget; zur Anlage des Canals von Narbonne hat der General-Inspector Ducros das mehrste gethan!

Der Canal hat von 1686 bis 1791 die Summe von 57,455,081 Livres eingetragen, und 25,670,440 Livres gekostet.

„Gegenwärtig werden, nach des Directors *Claussade* Angabe, vierzig Tage zu der Ausbesserung und Räumung des Canals (jährlich) verwendet, und acht Tage zur Füllung. Zwischen dem 1. und 20. August gehen die Arbeiten an, und die Schifffahrt wird zwischen den 20. September und 15. October eröffnet. Bey diesem Canal stehen gegenwärtig ein Ingenieur en Chef oder Director, sieben Ingenieure, 67 Schleusenmeister; 29 Canalwärter, ein Oberwächter beym Theilungspunct; acht Aufseher bey den Haupt-Grunddurchlässen; einer bey den von Libron. Aufser diesem sind bey der Regie oder Administration sieben und dreyfsig Individuen angestellt."

Beschreibung des Canals von Narbonne. Tab. 97.

§. 130. Der Canal von *Narbonne* geht vom Mittäglichen-Canal ohnweit dem *Cesse*flufs ab, und verbindet diesen mit dem *Aude*flufs, und dem durch die Stadt Narbonne gehenden, von den Römern gemachten Canal, *Robine*. Schon bey der Anlage des Mittäglichen-Canals bemühte sich *Narbonne*, eine schifffahrtsfähige Verbindung mit demselben zu erhalten, wiewohl es im Jahr 1665 zur Erreichung dieses Wunsches 400000 Livres als Beytrag zum Mittäglichen-Canal hergegeben hatte, so sah es denselben dennoch erst 1787 in Erfüllung gehen.

Der Canal von Narbonne wird mit dem Wasser des Mittäglichen-Canals, und dem des Aude-Flusses, gespeist. Die Familie *Riquets* war seiner Anlage deswegen entgegen, weil sie glaubte, dafs dadurch dem Mittäglichen-Canal zu viel Wasser entzogen werde. Man machte den Entwurf des Canals von Narbonne auch noch den Vorwurf: dafs dessen Wasser in das kiesigte Erdreich verseigen, und niemals eine zur Schifffahrt nöthige Wasserhöhe erhalten würde; diefs waren allerdings zwey Einwürfe, denen man begegnen mufste! Zur Speisung der zwischen dem Mittäglichen-Canal und dem Aude-Flufs liegenden Strecke des Canals von Narbonne, wurde das bereits beschriebene Bassin von Lampy, in dem schwarzen Gebirg, angelegt, und den

den zweyten Einwurf suchte man wahrscheinlich durch die Erfahrung zu widerlegen, welche nämlich beweist, dafs sich in einem Canal, dessen Sohle aus Kies besteht, in wenig Jahren, eine Erd- und Thon-Kruste bildet, die das Durchseigen des Wassers verhindert. Ich habe von diesem Erfahrungssatz bereits in den Grundsätzen der Canalbaukunde gesprochen, und in Beziehung auf denselben angerathen: die Canäle anfänglich einige Schuhe tiefer, als es zur Schifffahrt nothwendig ist, anzulegen, um ihre Sohle mit den vom Wasser herbeygeführten Schlamm und Thon bedecken zu lassen. In der That gebrauchte die Speisung des Canals von Narbonne anfänglich eine grofse Wassermenge, nämlich in 24 Stunden 7600 Cubik-Klafter, das ist etwa $\frac{1}{3}$ des in dem Canal stehenden Wasserkörpers. Dieser grofse Wasserbedarf entstand aus der Filtration oder Durchseigung des Wassers durch den Kiesboden. Ja! als der Canal im October 1787 gefüllt wurde, verschluckte das Terrain gleichsam das Wasser, welches unter allen Canaldämmen durchdrang, und eine grofse Landschaft überschwemmte. Der die Arbeiten dirigirende Ingenieur *Ducros* liefs daher das Wasser aus den Canalhaltungen gröfstentheils ab; erweiterte die längs den Canaldämmen gehenden Nebengräben, und zog mehrere Ableitungscanäle. Wiewohl nun die Filtrationen so bedeutend waren, und die Versuche bey denen vor Anlage des Canals ausgegrabenen, und mit Wasser gefüllten Schächte bewiesen hatten, dafs binnen 24 Stunden ein Drittheil der darin eingelassenen Wassermasse verseigte: so schmeichelte man sich dennoch, dafs diese Filtration bald abnehmen würde, und hierin hatte man sich auch nicht betrogen. Sie verminderte sich sehr bedeutend, und hat gegenwärtig durchaus keinen nachtheiligen Einflufs auf die Benutzung dieses Canals. Auf denselben liegen vom Mittäglichen-Canal angerechnet, fünf einfache Schleusen, eine aus zwey Kammern bestehende bey Salelles, und eine einfache vor dem Audeflufs, welche die Schleuse von *Gaillousty* heifst. (Siehe Tab. 97. die Karte vom Mittäglichen-Canal und Fig. 9.) Unterhalb dieser letztern Schleuse tritt der Canal stumpfwinkelig in den Audeflufs; er verfolgt denselben 200 Klafter bis zu dem im II. Band Seite 724. beschriebenen Wehr und der Schleuse von Mousolens, und tritt dann in den vier Fufs tiefer liegenden Canal von Robine. Zwischen den Schleusen von Gaillousty und Mousolens ist am linkseitigen Ufer ein Damm (Fig. 9.), und im Audeflufs ein mit demselben in Verbindung stehendes Wehr angelegt. Dieser Damm soll die niedrigen Gegenden für Ueberschwemmungen schützen, und das Wehr wird vom Hochwasser überströmt, dient also zur Aufstauung des Flusses, zur schifffahrtsfähigen Höhe, wie dies im 2ten Bande S. 124. erläutert ist. Diese Vereinigung des Canales von Narbonne mit dem Audeflufs hat den nachtheiligen Erfolg gehabt: dafs das Bett des letztern zwischen beyden genannten Schleusen stets mit Sand und Schlamm angehäuft wird. „Es sind daher bey der Schleuse von Gaillousty neun Schützöffnungen angebracht, um den Schlamm in den Anschlemmungscanal xy (siehe auf Tab. 97. den *canal d'atterissement*), und dann in den Teich von Capes-

tang einzuschlämmen; nur drey dieser Schütze sind mit der Sohle des Canals gleich gelegt, die übrigen liegen mehrere Schuhe über denselben." Dieser Umstand so wie die geringe Wassermasse, die durch diese Oeffnungen strömt, und die fehlerhafte Vereinigung dieses Canals mit der Aude sind die Ursachen der häufigen Verschlämmungen dieses Canalbezirkes. „Die ganze Krümme von der Schleuse von Gaillousty an bis zur Einmündung, welche in gemauerten Ufern eingeschlossen ist, ist streckenweise numerirt, um ihre Baggerung, die nach jedem Hochwasser erfolgt, in Entreprise zu geben! Das untere Stemm-Thor der Schleuse von Gaillousty steht gegen den Canal. Um das Hochwasser der Aude nicht in die oberhalb der Schleuse liegende Haltung des Canals von Narbonne eintreten zu lassen, hätte man auch ein zweytes Stemmthor gegen die Aude anbringen sollen; dann wäre der während den Anschwellungen dieses Flusses sowohl in dieser Schleuse als in der Canalhaltung unterhalb der Schleuse von Salelle sich ereignenden Verschlämmung gröſstentheils begegnet worden."

„Das sicherste Mittel gegen die häufigen Verschlämmungen dieses Canalbezirkes dürfte folgendes seyn: die Schleuse von Gaillousty unmittelbar an der Ausmündung des Canals in einer fluſsabwärts zu legenden Richtung anzubringen, und den Anschlämmungscanal des Teichs von Capestang, oberhalb dem Wehr von der Aude abgehen zu lassen. In diesem Falle hätte man aber die Aufdämmungen des Canals, bis an seine Ausmündung verlängern müssen." „Ueber die Schleuse von Mousolens läſst der 2te Band S. 724. nichts zu sagen übrig, nur muſs ich bemerken, daſs das in dem Schacht E Fig. 9. T. 93. befindliche, und das Wasser in den Audefluſs nach O ablassende Schütz nur dazu dient, um den vor den Schleusenthoren sich gesetzten Schlamm fortzuspühlen, und in den Fluſs zu führen. In diesem Falle wird das zweyte in dem Schachte E, nach dem Canal Robine gerichtete, das ist den Aqueduct D verschlieſsende Schütz, geschlossen. Das dritte bey O liegende Schütz steht fast immer offen, ausser in dem Fall, wenn an den andern Schützen einige Reparaturen vorgenommen werden. Das zweyte und dritte Schütz sind offen, so lange das erstere verschlossen ist, um dem flieſsenden Canal Robine eine hinreichende Wassermasse zuzuführen. Alle drey Schütze werden, vermittelst einer hölzernen Schraube (Fig. 7. oberhalb A), geöffnet. Die Schleuse *Mousoulens*, des Canals Robine, sowohl als alle Schleusen des Canals von Narbonne werden durch Umläufe die in Fig. 9. Tab. 93. bey F und F angedeutet sind, mit Wasser gefüllt."

„Die Länge und der Fall dieses Canals ist in folgender Uebersicht enthalten.“	Länge der Haltungen	Länge der Schleusen	Fall der Schleusen
	mêtres	mêtres	mêtres
Schleuse und Haltung von Cesse	249,63	35,25	2,93
— — — — Trilles	630,15	35,20	3,00
— — — — Empare . . .	636,28	35,20	2,89
— — — — Argilliers . . .	627,80	35,20	2,74
— — — — St. Cyr	636,65	35,25	2,62
— — — — Salelles . . .	697,85	70,90	5,30
— — — — Gaillousty . . .	1184,80	40,13	2,70
Krümme von Gaillousty	227,15	—	—
Wasserstraſse auf der Aude	389,68	—	—
Schleuse von Mousoulens, mit Brücke . ,	—	46,76	—
Schleuse und Haltung von Raonel	3955,23	48,39	2,16
— — — — Gua	4395,54	48,39	1,73
— — — — Narbonne . . .	1095,01	47,73	1,70
— — — — Maudiras . . .	8904,14	72,22	1,62
Haltung des Meeres	12810,86	—	—
	36440,77	550,62	29,39

Beschreibung des canals von Beaucaire, Tab. 128.

Von dem Ober-Ingenieur Carl von Wiebeking.

§. 131. Die Nützlichkeit dieses, von mir im Oktober 1813 besuchten, Canals, welcher nicht allein eine locale Wichtigkeit für die groſse jährliche Messe von Beaucaire hat, indem durch denselben die Verbindung mit dem Mittäglichen-Canal S. 102. und daher mit dem ganzen südwestlichen Theil von Frankreich und Spanien bewirkt, wurde seit langer Zeit allgemein anerkannt. Während des Seekrieges vermeidet man dadurch die gefährliche Küstenfahrt, und so bildet derselbe einen ergänzenden Thei des Mittäglichen Canals und der groſsen innern Wasserstraſse von Frankreich, die von der Garonne nach der Rhone, durch den Canal von Charollois nach der Loire und von diesem Fluſs, durch die Canäle Briare und Orléans, nach der Seine geht. Dieser Canal wurde schon zur Zeit Heinrichs IV. als sehr vortheilhaft anerkannt, und unter Ludwig XIV. boten sich mehrere Compagnien, zu seiner Ausführung an. Der Mangel hinreichender Fonds setzte derselben aber immer unübersteigliche Hindernisse entgegen, bis die Staaten von Languedoc, welche durch mehrere ausgeführte Bauwerke, ihren regen Eifer für das Nützliche und Groſse bewiesen, auch dessen

Anlage mit rühmlicher Bereitwilligkeit beschlossen. Den 4. Januar 1770 genehmigten sie den Plan und den Kostenanschlag der drey Directoren von den öffentlichen Arbeiten der Provinz, der sich auf 3,340000 Livres belief. Es wurde festgesetzt: daſs der Canal seinen Wasserzufluſs aus der Rhone bey Beaucaire erhalten, und von da bey Bellegarde, bey St. Gilles und Franquevaux vorbey nach Aiguesmortes gehen solle, nachdem er vorher sich mit dem Fluſs Vistre, auch Canal de la Roubine genannt, vereinigt hätte. Der Canal wurde von Aiguesmortes nach Beaucaire auszugraben angefangen, und es blieb im December 1789 nichts mehr als das Canalstück von Broussan bis zum Eintritt in die Rhone bey Beaucaire (von 16276 mètres Länge) auszuheben übrig. Auf dem ganzen ausgegrabenen, durch Moräste, die nicht viel höher als das Meer liegen, führenden Theil des Canals waren noch keine Schleusen angelegt, sondern sie blieben dem übrigen Canalstück vorbehalten, um vermittelst denselben von dem Rhone-Fluſs nach dem Meere herabzusteigen. Der Canal selbst wurde 6 Fuſs unter dem Stand des niedrigen Meeres tief gelegt. So blieben die Arbeiten unterbrochen, bis einem Gesetz vom 9ten Ventose des Jahres 9 zu Folge, eine Compagnie, die Vollendung dieses Canals, unter der Bedingung der Ueberlassung der Moräste zwischen Beaucaire und Aiguesmortes, und der Erhebung der Zölle, während 80 Jahren, übernahm. Von diesem Zeitpunkte an wurden die Arbeiten mit Thätigkeit fortgesetzt, und den 15. December 1811 vollendet.

Der ganze 50457 mètres lange Canal hat, ausser der Einmündungsschleuse in die Rhone bey Beaucaire, die keinen Fall hat, sondern nur dazu dient: die Verschiedenheit des Standes der Rhone und des Canals zu reguliren, und dem hohen Strom den Eintritt in den Canal zu versagen, noch drey Schleusen: nämlich die Schleuse von *Charencone*, von 1 mètre 45 c. Fall, bey einer Canalhaltung von 3116 mètres Länge, bis zur Einmündungs-Schleuse; die von *Nouvrigues*, von 1 mètre 56 c. Fall, bey 4507 mètres Länge, und endlich die Schleuse von *Broussan*, mit 1 m. 19 cent. Fall, bey einer Haltung von 8653 mètres. Die übrige Canalstrecke, eine Länge von 34199 mètres messend, steht mit dem Meere in gleicher Höhe. Der ganze Canal hat daher vom niedrigsten Wasser der Rhone an, bis zum niedrigsten Stand des Meeres, einen Fall von 4 mètres 20 centimètres.

§. 132. Die drey angeführten Schleusen wurden in den Jahren 1801 bis 1804 erbaut, ihre Kammern sind eliptisch, und dieselben können zwey groſse und ein kleines Schiff aufnehmen; eine Einrichtung, welche für den Handel, der besonders, zur Zeit der Messe von Beaucaire, wo die Schiffe schnell auf einander folgen, lebhaft ist, von wesentlichen Nutzen ist, und um so ausführbarer war, als der Canal von der Rhone gespeiſst wird, daher nie Mangel an Wasser hat. Das Füllungs-Manöver aller Schleusen geschieht durch Umläufe, welche mit Schützen, die durch eine Holzschraube geöffnet oder geschlossen werden, versehen sind. Die Dicke der massiven Schleusenböden beträgt gewöhnlich 1 mètre 20 centimètres, und die

Dicke der Schleusenmauern an ihrer Basis 3 mètres und 2 mètres an ihrer Oberfläche. Die Schleuse von Broussan ist auf festen Boden, 3 mètres 50 centimètres unter dem niedrigsten Stand des Meeres gegründet; die Schleusen von Charenconne und von Nouvrigues ruhen auf einen Schwellrost, der immer 3 mètres 60 centimètres niedriger, als die untere Canalhaltung, liegt. Bey der letztern Schleuse sind an dem obern Theil der Schleusenmauern zwey Grundablässe angebracht, welche das Wasser der obern Haltung in die Seitengräben führen. Die untere Haltung ist nur einen mètre unter den niedrigsten Stand des Meeres ausgegraben, deren Räumung würde, des kostbaren Ausbaggerns wegen, sehr schwierig seyn; man läſst also das trübe Wasser der Rhone nur dann in dieselbe treten, wenn es zum Manöver der obern Schleuse nöthig ist.

Die Ziehung der Canallinie und die Ausführung des Canals war, wie aus einem einzigen Blicke auf die Karte erhelit, um so weniger besondern Schwierigkeiten unterworfen, als der Canal bey einer Länge von 50457 mètres nur einen Fall von 4 mètres 20 centimètres hat.

§. 133. Die Richtung sowohl als die Construction der Einmündungs-Schleuse in die Rhone bot die einzige und gröſste Schwierigkeit bey der Ausführung dar; denn die vortheilhafteste Richtung dieser Mündung und dieser Schleuse, sollte nicht allein das Ein- und Auslaufen der Schiffe erleichtern, sondern auch die Verschlammungen der Schleuse, möglichst vermindern, zugleich aber auch die Schleuse selbst dem Angriff der reissenden Rhone und ihrem heftigen Eisgange so wenig als möglich aussetzen. Dieser, der Vielseitigkeit seiner Rücksichten wegen, wichtige Fall in der Schleusenbaukunde, ward der Gegenstand der verschiedenartigsten Projecte und Discutionen, die um der Wissenschaft willen interessant genug sind, hier erwähnt zu werden.

Die Ingenieurs *Garipuy* und *Saget*, welche sich zuerst mit dem Project dieser Schleuse beschäftigten, schlugen im Jahr 1766 vor: dieselbe unmittelbar am Ufer der Rhone zu erbauen, und ihre Axe mit dem Fluſs-Ufer einen Winkel von 50 Graden (Fluſsaufwärts genommen) zu geben. Die durch die Rhone verursachten Verschlämmungen der Schleuse wollten sie durch eine, oberhalb aus derselben in die Schleuse geführte Rigole wegzuspühlen suchen, indem sie dadurch die Schleuse gefüllt, und wenn das Wasser in derselben höher als das der niedrigen Rhone gestanden hätte, wieder in den Fluſs hätten strömen lassen. Durch diese Strömung glaubten sie eine vollkommene Spühlung hervorzubringen, die hinreichend wäre, um alle Versandungen unmöglich zu machen. Die Rigole hätte, dem Vorschlag dieser Ingenieure gemäſs, zugleich das Speisewasser in den Canal geführt und dasselbe wäre, während dem hohen Stand der Rhone, (wobey dieselbe mit Material geschwängert ist) in die Seiten- oder Schlammgräben, und von da in die auszutrocknenden Moräste, um dieselbe anzuschlämmen, geleitet worden.

Nach einem Rapport, den diese Ingenieure den 15ten December 1767 erstatteten, gaben sie jedoch diesen Vorschlag auf, indem sie aus dem angestellten Nivellement gefunden hatten: dafs die Rhone (auf 2000 Toisen) nur einen Fall von $\frac{1}{4}$ Linie auf eine Toise, d. h., wie 1 : 34158 haben; ein Fall, der nicht hinreichend gewesen wäre, um die Spühlung der Schleuse zu bewirken. Sie schlugen daher (1769) vor: die Einmündungs-Schleuse von dem Ufer der Rhone zu entfernen, und zwischen ihr und dem Flufs ein Schlamm-Bassin von 56 Toisen Länge und 18 Toisen Breite anzulegen. Dieses Bassin sollte bey seinem Eintritt in die Rhone mit doppelten Stemmthoren (nach entgegengesetzten Richtungen) versehen seyn; das Canalwärts gerichtete Thor sollte dazu dienen, dafs mittelst den Seiten-Aqueducten in das Bassin eingelassene Hochwasser zurückzuhalten. Beym niedrigen Stande der Rhone wollte man diese Aqueducte, vermittelst ihrer Aufziehschütze, öffnen, so dafs aus dieser Verschiedenheit des Niveaus eine heftige Strömung hervorgehen sollte, um die Einmündung des Canals zu reinigen; die Achse dieses Bassins sollte auf die Richtung des Stromes perpendiculair seyn. Da jedoch die, durch diese Strömung hervorgebrachte Spühlung, indem dieselbe sich auf das ganze Bassin hätte ausdehnen müssen, keine dem Zweck angemessene Wirkung versprach, so gaben die nämlichen Ingenieure (1781) auch dieses Projekt auf, und entwarfen gemeinschaftlich mit den Ingenieuren *Grangent* und *Ducros* den Vorschlag: der Schleuse die anfangs vorgeschlagene stromaufwärts gerichtete Direction zu geben und kein Schlamm-Bassin zu etabliren, sondern diese Schleuse unmittelbar am Flufs zu errichten. Um alle Anschlämmungen in und vor derselben zu verhindern, sollte unterhalb des obern Stemmthores in jeder Seitenmauer der Schleuse ein Aqueduct errichtet werden, durch welchen das Wasser in die Schleuse einträte, und durch zwey, oberhalb des untern Stemmthores angebrachte Aqueducte sollte diese Wassermasse wieder aus der Schleuse strömen, und dann unter der Schleuse von Charenconne in die, längs des Canals bestehenden, Schlammgräben sich ergiefsen.

Bald darauf erhielt Ducros den Auftrag, das Project des Canals allein auszuarbeiten; er verglich die verschiedenen frühern Entwürfe über die Anlage der Einmündungs- und den Canal speisenden Schleuse, und fand, dafs dieselben dem Zweck nicht ganz entsprächen. Er sah ein: dafs die Anlage dieser Schleuse *a*) dreyen wesentlichen Bedingnngen entsprechen müsse: nämlich *a*) das Eindringen des Hochwassers der Rhone in den Canal, und *b*) die Anschlammungen in der Einmündungs-Schleuse zu verhindern, so wie *c*) den Eintritt der Schiffe in den Canal aus der Rhone, so viel als möglich, zu erleichtern.

Die erste Bedingung: nämlich das Eindringen des hohen Wassers in die Schleuse hätte mit einem hohen Stemmthor (porte de defense) erreicht werden können, aber man hätte demselben 27 Fufs 8 Zoll hohe Schlag-Ständer geben müssen, ohne die den Drehbaum tragende Zimmerung zu rechnen. Ducros wollte daher dieses Thor

niedriger machen, hinter demselben eine Brücke bauen, woran sich ein grosses hölzernes Schütz anlehnen sollte, welches während dem hohen Stande der Rhone niedergelassen, und mit seinem untern Theil in den obern Theil des Schleusenthores in eine deswegen in den Thorflügel angebrachte Falze passen sollte. Um diese Brücke nicht zu hoch anlegen zu müssen, wollte sie Ducros an dem untern Thor, statt an dem obern anbringen, weil die Schiffe bey diesen Thoren immer nur mit der Höhe des Wassers im Canal und nicht mit jener der Rhone durchfahren, und daher, wenn man dem Thore 21 Fuſs Höhe gäbe, noch 11 Fuſs 6 Zoll Zwischenraum zwischen dem Niveau des Wassers und dem der Brücke bliebe, während bey dem fluſsabwärts stehenden Thor dieser Zwischenraum, bey dem höchsten schiffbahren Wasserstand, acht Fuſs betragen hätte. Da durch diese Vorrichtung die Schleuse allen Ueberschwemmungen der Rhone, und daher den schädlichsten Verschlammungen ausgesetzt gewesen wäre, so schlug Ducros vor: dieses Thor mit zwey Schützen zu versehen, um dadurch das Wasser der Rhone in die Schleuse eintreten zu lassen, und dann dasselbe, oberhalb dem zweyten Thore, durch Aqueducte in die, unterhalb der Schleuse von Charenconne liegenden Schlammgräben, zu leiten. Dieser Ingenieur hielt dafür: daſs auf diese Weise eine beträchtliche Strömung statt finden müsse, welche alle Anschlammungen vor den Schleusenthoren, so wie in der Schleusenkammer selbst verhindern würde. Er stützte seinen Vorschlag auf die Erfahrung, welche den guten Erfolg dieses Spühlungs-Manövers schon durch die, an den Ufern der Aude gelegene, von dem Militair-Ingenieur Niquet, nach den nämlichen Principien erbaute Schleuse von Gaillousty bewiesen hatte.

Um die dritte Bedingung zu erfüllen, d. i. um den Ein- und Austritt der Schiffe in die Schleuse zu erleichtern, zugleich aber durch die Richtung der Schleuse die Anschlemmungen, so viel als möglich, zu verhindern, wollte Ducros der Schleuse eine fluſsaufwärts gehende Direction geben. Nach seiner Meynung würde die, in der Achse des Canals, laufende oder vielmehr perpendiculair auf die Rhone gefällte Richtung der Schleuse, das Ein- und Auslaufen der Schiffe beynahe unmöglich machen, wenn man nicht, wie Gauthey vorgeschlagen, einen hölzernen, durchsichtigen, in die Rhone hineintretenden Queerbau, in Verlängerung der obern Seitenmauer der Schleuse, anlegen; oder auch statt dessen, in der nämlichen Richtung, auf geringe Abstände, Pfeiler (in welche man Einlegbalken, wie bey dem Wehre von Beziers am Orbfluſs hätte anbringen können), erbauen würde, um die ein- und auslaufenden Schiffe nicht dem heftigen, perpendikulair auf sie gerichteten, Strom Preis zu geben. Diese Bauwerke schienen ihm jedoch zu sehr dem Eisgang und dem Hochwasser des reissenden Stromes ausgesetzt zu seyn, als daſs er deren Ausführung für rathsam gehalten hätte. Ueberdieſs, glaubte er, würden diese perpendikulairen Werke die Schifffahrt der Rhone sehr gefährlich machen, und daher auch den Eintritt der Schiffe in den Canal erschweren. Es entging übrigens Ducros nicht: daſs, wenn die Ein-

mündung der Schleuse flufsabwärts in einen spitzen Winkel angelegt würde, der Ein- und Austritt der Schiffe nicht so sehr dem Strom, als bey der perpendikulairen Richtung ausgesetzt wäre. Er meynte jedoch: dafs dieser Vortheil den Nachtheil mit sich führe, dafs die Mündung des Canals Verschlämmungen, welche durch den Mangel der Strömung entständen, unterworfen wäre, und dafs überdiefs die Einmündung des Canals dem Weg entgegengesetzt wäre, den die Schiffe nehmen müfsten, da die meisten aus dem Canal heraustretenden Schiffe, die Rhone aufwärts fahren. Er war ferner der Meynung: dafs bey der flufsabwärts gerichteten Schleuse das Schleusenthor von dem hohen Strom umgangen werden könnte, da die Thore immer, jemehr sie eigentlich der Richtung des Stromes entgegengesetzt sind, desto mehr gegen denselben, Widerstand ausüben.

Er berief sich endlich noch auf die generelle Beobachtung: dafs die Mündung der Canäle in Flüssen eher flufsab- als flufsaufwärts, in dem Fall gerichtet werden müsse, wenn die Canäle in die Flüsse herabsteigen, und denselben ihr Wasser mittheilen, insbesondere, wenn die Schifffahrt nur flufsabwärts statt finde; der entgegengesetzte Fall aber eintreten müsse, wenn der Canal sein Wasser aus dem Flufs bezöge, zumal, wenn die Schifffahrt hauptsächlich flufsaufwärts statt finde.

Dieses Project *Ducros* wurde, nebst den frühern Vorschlägen, dem Ingenieur *Perronet* vorgelegt, und im Jahre 1793 von der Generaldirection des Brücken- und Wegbaues definitiv genehmigt.

Im Jahr 10 der Republik präsentirte Ducros dieses Project abermals einer zur Prüfung derselben ernannten Kommission. Diese machte ihm verschiedene Einwürfe, und wollte, statt der hölzernen Schütze zwey höher stehende Thore angebracht wissen, die sich an die untern anschliefsen, und sowohl flufs- als canalwärts angebracht werden sollten, um so die Schleuse vor allen Ueberschwemmungen zu bewahren; übrigens billigten sie das Project im Allgemeinen.

Den 2. Nivose des Jahres 12 wurde zur Untersuchung dieses Vorschlags der General-Inspector *Lefebre*, aus Auftrag des Staatsrathes und General-Directors, nach Beaucaire abgeschickt. Derselbe stimmte, in seinem defshalb erstatteten Berichte, vollkommen mit Ducros Project überein. Diesem Rapport gemäfs wurde das Project den 11. pluviose von der, aus den General-Inspectoren Cessart, Lebrun, Gauthey, Lefebre, Prony u. s. w. bestehenden Versammlung der General-Direction, genehmigt.

Den 13. März 1807 ward dieser Gegenstand aufs Neue durch eine, aus den Mitgliedern: Rolland, Ferregeau und Bruyere bestehenden Kommission diskutirt. Ducros, dessen Vorschlag durch dieselbe im Wesentlichsten umgestofsen wurde, antwortete hierauf den 29ten März dieses Jahres. Seine Antwort aber ist meistens eine Rekapitulation seiner frühern Behauptungen und seines darauf gegründeten Projectes.

Endlich machte die eben erwähnte Kommission, unterm 1. May des nämlichen Jahres, einen umständlichen Rapport. Dieselbe stimmte mit Ducros darin überein:

dafs man die Schleuse, so nahe als möglich, an der Rhone erbauen müsse, da beynahe alle Ströme trübes Wasser führen, und daher bey verminderter Geschwindigkeit, die zwischen der Schleuse und dem Flufs liegenden Bassins verschlammt werden. Um die allgemeine Behauptung Ducros, dafs bey der Einmündung einer Schleuse zwey verschiedene Fälle eintreten: nämlich, wenn die Canäle nach dem Flusse herabsteigen oder wenn der Canal sein Wasser aus dem Flufs bezieht, zu widerlegen, bewiesen sie, dafs es einerley sey, ob die Schleuse vom Canal nach dem Flusse herabsteige, oder umgekehrt, denn in beyden Fällen bestünde, während dem Manöver der ein und austretenden Schiffe, Gleichheit der Umstände; die an den Canal anstofsenden Thore würden nämlich jedesmal geschlossen, und die nach dem Flufs zu geöffnet, so dafs in beyden Fällen das Wasser in der Schleuse mit dem des Flusses gleich hoch stehe.

Die Kommission bewies ferner: dafs, wie auch die Einmündung beschaffen sey, jedesmal das, in die Schleuse eintretende, Schiff anlanden, und sich an den Quai stellen müfste. Käme dasselbe nämlich flufsabwärts, so müfste es seine erlangte Geschwindigkeit verlieren, und daher sich in dem Flufs, an einem Anker oder Anbindepfahl befestigt, drehen; daher bey der flufsabwärts gerichteten Mündung des Canals, sein Vordertheil, bey der flufsaufwärts gerichteten Mündung aber sein Hintertheil oder das Steuerruder dem Strom darbieten.

Dieses Manöver mache die Stellung der flufsauf- und abwärts fahrenden Schiffe, nur mit dem Unterschiede ganz gleich, dafs sich den flufsaufwärtssteigenden Schiffen die flufsabwärts gerichtete Mündung natürlicher als jede andere darbietet. Ducros glaubte durch die aufwärts gerichtete Mündung des Canals das Einlaufen der Schiffe zu erleichtern, aber es ist ohne Zweifel gewifs, dafs man in jedem Fall die Bewegung durch das oben angeführte Mittel mäfsigen müsse, und dafs, wenn bey dieser Drehung des Schiffes ein Seil reifst, das Schiff in die flufsaufwärts gerichtete Mündung des Canales einfahrend, gegen die Verlängerung der untern Schleusenmauer geworfen würde, welches in diesem Fall bey der flufsabwärts gerichteten Mündung nicht statt findet, weil das Schiff in den freyen Strom getrieben wird. Die Masse der Anschlammung sey bey beyden Richtungen die nämliche, wenn man nur den Flächenraum betrachte, auf dem sie sich deponiren könne, aber die Art der Anschlammungen unterscheide sich demohngeachtet wesentlich. Sie sey nämlich zweyfacher Natur: die durch das stillstehende Wasser gebildete betrage nicht sehr viel, und man könne ihre Menge in einer gewissen Zeit bestimmen. Nicht eben so verhielte es sich bey fliefsenden Gewässern, die bey einem einzigen Hochwasser grofse Versandungen bereiten.

Die stromaufwärts gerichtete Schleuse würde bey jeden hohen Stand des Wassers, dem Ansatze des Materiale, das durch die Heftigkeit des Stromes herbeygeführt wird, ausgesetzt seyn, während im Gegentheil die flufsabwärts gerichtete Schleuse

nur durch das still stehende Wasser verschlammt würde, und man daher mit Zuversicht behaupten könne, daſs bey der fluſsaufwärts gerichteten Schleuse sich ein beträchtlicherer Niederschlag, als in der fluſsabwärts gerichteten, bilden müsse. *)

Ohne die Gründe, die schon Ducros gegen die perpendiculaire Richtung der Schleuse anführte, zu erwähnen, citirte die Commission nur einige Erfahrungen, welche das Nachtheilige dieser Richtung erweisen. Unter denselben werden besonders mehrere Canäle von Italien, welche in den Po, die *Brenta* und in die *Etsch* einmünden, und die fluſsabwärts gerichtet sind, angeführt; auch die Mündung des Canals von Briare in die Loire und die Einmündung des Canals von Givors in die Rhone werden als Beyspiele erwähnt; so sey die Einmündung des Canals von Briare anfangs perpendiculair mit dem Strom bewerkstelligt werden, und obgleich zwischen der Schleuse und der Loire ein Bassin angelegt gewesen, so hätte man sich dennoch gezwungen gesehen, um dasselbe vor Anschlämmungen zu schützen, eine zweyte Schleuse am Eintritt des Canals in den Fluſs, anzulegen. Ferner bemerkt die Commission, daſs die fluſsaufwärts gerichtete Schleuse dem heftigsten Strom und Eisgang, unmittelbar Preis gegeben werde, das Gegentheil aber bey der fluſsabwärts gerichten Schleuse, wenn die Thore und Seitenmauern über das höchste Wasser reichen, statt finde.

Was die von Ducros zum Spühlungsmanövre der Schleuse vorgeschlagenen Aqueducte und Gräben, welche den Sümpfen das trübe Wasser zuführen sollen, womit ihre Anschlämmung bezweckt wird, betrifft, so ist ihr Anfang 10,000 mètres von den Morästen entfernt, und ihr Fall beträgt auf diese Länge nur 1, 2 mètres. Diesen geringen Abhang fand die Commission unzureichend, um dem Wasser in den Schlammgruben, in welche es Ducros durch die Aqueducte führen wollte, eine angemessene Geschwindigkeit zu geben, er befürchtete vielmehr, daſs dasselbe das Materiale in den Seitengräben deponiren, und dieselben versanden würde. Ueberdies ist nach ihrer Meynung die Anschlämmung der Moräste, durch das Rhône-Wasser, gar nicht nöthig, da man sie, mittelst ihres natürlichen Falles nach dem Meere zu, austrocknen kann, weil dieselben 2 Fuſs 9 Zoll über dessen Niveau liegen. Die Commission zog daher vor, zu der gewöhnlichen Bagger-Methode, im Fall der Verschlämmung der Schleusenthore, ihre Zuflucht zu nehmen, als die Schleuse durch diese Aqueducte, deren Anlage sehr kostbar wäre, zu spühlen. Die Thore und die Kammer vor allen Anschlammungen zu bewahren, müsse man am Ende der Schleu-

*) Auch die Art der Anschlammung sollte zur Führung des Beweises zu Hülfe genommen worden seyn: denn der schnell strömende Fluſs deponirt sein gröbstes Material an den Stellen, wo er mit groſser Geschwindigkeit hingetrieben, Hindernisse findet, die dem Stromstrich entweder eine andere Richtung geben, oder die Geschwindigkeit desselben mäſsigen. In diesem Falle wird also das angehäufte Material aus groſsen Kiesmassen, denen der dazwischen liegende Schlick zum Bindungsmittel dient, bestehen, und daher sowohl dem Manövre des Baggerns durch Maschinen als des Spühlens durch das Wasser mehr Hindernisse als der von langsam flieſsenden Wasser deponirte Schlamm entgegen setzen.

senmauern in zwey Falzenstöcke Einlegebalken versenken, so daſs immer über denselben noch eine hinlängliche Wasserhöhe für die Passage der Schiffe statt finde; diese Balken seyen daher, je nachdem höhere oder niedrigere Wasserstände einzulegen oder heraus zu nehmen. *)

Die Commission schlug endlich noch vor, der Einmündungsschleuse eine kreisartige Form zu geben, um die Ausmündung des Canals dem Wunsch der Stadt Beaucaire gemäſs, so nahe wie möglich, an diese Stadt zu bringen, und überlieſs den Entwurf der Schleuse dem Oberingenieur Grangent.

§. 134. Dieser Vorschlag der Commission wurde den 1. May 1807 von der General-Direction des Brücken- und Wegebaues genehmigt, und die Richtung der Schleuse denselben zu Folge bestimmt. Um ihre Gründung anlegen zu können, wurde i. J. 1808 ein Fangdamm *A B* Fig. 20. Tab. 128. von zwey Reihen Pfählen auf 2, 8 mètres Abstand (Pfahl an Pfahl) eingerammt **), und der Zwischenraum wurde ausgebaggert, dann bis auf 2 mètres unter dem Nullpunct mit Beton, von da aber, der übrige Theil der Höhe mit Thon ausgefüllt. Anfangs wollte man jede Pfahlreihe mit einer Kronschwelle versehen, da es aber unmöglich war, alle Pfähle in senkrechter Richtung einzurammen, so setzte man an deren Stelle Gurtungen, die

*) Das Anhäufen groben Kieses mag diese Balkenwand wohl verhindern; gewiſs aber nicht das Niederlegen des Schlammes vor den Schleusenthoren: denn es ist sicher, daſs die Wasserschichten der Oberfläche eben so beym mittlern und hohen Wasserstande mit Schlamm geschwängert sind, als die in der Tiefe. Ueberdieſs wird sich der Schlamm vor diese Balkenwand legen, und den Eingang der Schleuse versanden. Man entgeht daher durch dieses Mittel, wie mir scheint, nicht den gefürchteten Verlandungen. Der Zufall gab jedoch bey dieser Schleuse ein einfaches, aber sehr zweckmäſsiges Spühlungsmanövre an, welches seit dieser Zeit, mit dem beſsten Erfolge, angewendet wird. Im ersten Jahre nach Erbauung der Schleuse, bey Räumung des ganzen Canals und der Schleusenkammer, versenkte man in die, unmittelbar vor den Schleusenthoren angebrachten, Falzen, die erste Balkenreihe. Nachdem ein Balken nach dem andern herabgelassen war, beobachtete man, daſs mehrere Balken, welche im vorigen Jahre dazu gebraucht wurden, übrig blieben, und schloſs daraus natürlich: daſs die Verschlammung diese Erhöhung bewirkt habe. Während dem Niederlassen der Balken sah man durch die Schleusenkammer schwarzes, mit Schlamm geschwängertes Wasser, strömen, obgleich doch damals das Wasser der Rhône klar war; plötzlich fielen die Einlegebalken unter einem groſsen Geräusch tiefer herunter, bis auf ihre eigentliche Grundschwelle. Es war also die Schleusenkammer sowohl als der Zwischenraum vor den Thoren, durch diese Spühlung gefegt worden. Man benutzt nun diese, durch den Druck der äussern, höher stehenden Wassersäule, bewirkte Erscheinung, zur jährlichen Spühlung der Schleuse, und gab den untersten Balken kleine Untersätze, um durch den dadurch bewirkten Zwischenraum das Wasser strömen zu lassen. Da man fand, daſs die Wirkung des Wassers sich nicht auf die ganze Schleusenkammer ausdehnte, so brachte man mehrere dieser Falzen und Einlegebalken in der Kammer selbst an, und wiederholte dieses Manövre in den dadurch gebildeten Abtheilungen, bis die ganze Schleusenkammer gespühlt war.

**) Nach der Erbauung der Schleuse wurden die beyden Pfahlreihen durch neapolitanische Taucher, 2 mètres unter dem niedrigsten Wasserstand abgesägt, und die Reihen, deren Zwischenräume, wie schon oben gesagt wurde, mit Beton ausgefüllt sind, dienen nun dazu, um die Schleuse vor allen Unterwaschungen des Flusses insbesondere auf ihren Vorboden zu bewahren.

mit allen Pfählen durch eiserne Nägel verbunden wurden. Ueberdies wurden beyde Pfahlreihen noch durch Querhölzer zusammen gehalten. Da dieser in einer seichten Stelle der Rhône angebrachte Fangedamm mit den beyden Seitenwänden, welche ihn mit dem Erdreich verbinden, eine Länge von 170 mètres hatte, so konnte demselben eine Höhe von 4, 18 mètres gegeben werden, welche selten von der Rhône überstiegen wird. *) Trotz aller dieser Vorsicht ward der Fangedamm demohngeachtet einmal bey einem groſsen Hochwasser des Flusses durchbrochen.

Weil durch die Ausgrabungen der Schleuse und durch den Umstand, daſs der Fangedamm und also der ganze Bauplatz von der hohen Rhône überschwemmt wurde, die Stadt und die Ebene von Beaucaire sowohl, als der Canal selbst, den Ueberschwemmungen des Flusses ausgesetzt war, so muſste man einen Damm C. D. E. hinter der Schleuse aufführen, der sich oberhalb C an den Damm der Rhône, auf der andern Seite bey E an das Spital anschloſs; dessen Krone wurde ½ mètre über den höchsten Wasserstand erhoben.

In so fern die Aufführung dieses Dammes alle Verbindung zwischen der zu erbauenden Schleuse und zwischen dem schon ausgegrabenen Canal aufhob, und es nöthig war, das Wasser, welches man ausschöpfte, in diesen zu leiten, so brachte man in denselben eine Oeffnung D, von 3 mètres Breite, die zur Sicherheit mit zwey Schützen verschlossen wurde, an. Das eine wurde an der, nach dem Fluſs gekehrten, und das andere nach der, dem Canal zu gekehrten Seite des Dammes angelegt. Die Seitenwände der Oeffnung bestanden aus Mauerwerk. In der Mitte des, damals nur bis zu dem niedrigsten Wasserstande ausgegrabenen, Canal-Bassins wurde eine Rigole C. X. gezogen, welche mit der Sohle der Dammöffnung D gleiches Niveau hatte, und die dazu diente, um das Wasser aus der Baugrube der Schleuse abzuführen. Diese Rigole war 3 mètres an ihrer Basis breit, und hatte 1¾ Schuh Böschung auf jeden Schuh Höhe. Sie war bis zur ersten Schleuse von Charencone geleitet.

Die Gründungen der Schleuse selbst wurden 3,26 mètres unter dem niedrigsten Wasserstande gelegt, weil man sich durch Sondirungen überzeugt hatte, daſs bey dieser Tiefe bereits Nagelflue liege. Es wurde nun durchgängig ein Guſs von Beton von 1,22 mètres Dicke, den Schleusenboden, der aus Werkstücken (Fig. 21. Tab. 128.) ein umgekehrtes Gewölbe bildend, zusammen gesetzt ist, hinzu gerechnet, gemacht, und hierauf die Mauern gegründet. Der Beton bestand aus lebendigem Kalk und Kies, welche Masse schnell verhärtete; die Seitenmauern der Schleusen sind aus Werkstücken aufgeführt, und haben eine Dicke von fünf mètres an ihrer Oberfläche. Die Schleusenthore Fig. 22. und 23., so wie die Schleusenwände sind 0,5 mètres über den höchsten Wasserstand der Rhône erhaben, um auf immer den Canal vor allen Ueberschwemmungen zu bewahren.

*) Man rammte nämlich die Pfähle immer noch einmal so tief ein, als sie aus der Erde hervor ragten, damit der Fangedamm dem Druck der Rhône widerstehen konnte.

§. 135. Die grofse Höhe, welche man den Schleusen-Thoren geben mufste, würde das Manövre derselben sehr erschwert haben, und es war überdiefs zu befürchten, dafs sie leicht dadurch hätten beschädigt werden können. Es wurden daher nach dem Vorschlage des Oberingenieurs Grangent zwey Thore *H* und *J* Fig. 22 u. 23. wovon das obere *H* sich an das untere *J* anlehnt, angebracht. Jedes derselben hat eine Pfanne *P* und *p*, und ein Halsband *k*, in dem es sich dreht. Das untere Schifffahrtsthor *J* hat 0,18 mètres Anschlag gegen die Anschlagschwelle *L* Fig. 21. des Drempels, und läfst noch zwischen dem Schleusenboden einen Raum von 0,18 mètres übrig. Dieses Thor ist 0,37 mètres über den schiffbahren Wasserstand der Rhone, welcher 2,7 mètres höher als der niedrigste Wasserstand ist, erhaben, so dafs das Thor nur eine Höhe von 5,22 mètres hat.

Die beyden Thorflügel *M*, *m* Fig. 21. werden mittelst Seile *N*, die sich um eine Rolle *o*, *o* und zwey kleinere Scheiben *q*, *r*, und um eine auf der Schleusenmauer angebrachte Erdwinde *V* wickeln, geöffnet und geschlossen. Diese Rolle *o* (Fig. 24.) wird mit eisernen in die Mauer eingelassenen Zugbändern *z*, *z* gehalten. Die beyden Flügel *H* (Fig. 22 u. 23.) der Ueberschwemmungsthore lehnen sich mit ihrer untersten Schlagschwelle *H* an die obersten Riegel *u* des Schiffthores *J* an; sie werden nur in dem Falle geschlossen, wenn das Wasser der Rhone die Höhe dieses Riegels erreicht. Da der Flufs nur allmählig steigt, so hat man nicht zu befürchten, dafs ein plötzlich eintretendes Hochwasser das untere Thor übertreten wird, ohne dafs man vorher das obere Thor hätte schliefsen können. Ueberdiefs setzen diese Thore dem Strom noch mehr Widerstand entgegen, als es ganze Thore thun würden, da sie in ihrer Mitte, um die Dicke des untern Schleusenthores stärker sind. Um dem Schleusenthore einen stabilen Stand zu geben, werden noch rückwärts zwey Seile *t*. *t* Fig. 21. gebraucht, die gleichfalls um eine grofse Scheibe *w*, und um zwey Linien *x*. *y* laufen, und vermittelst zwey bey *V* auf den Schleusenmauern stehenden Winden, angezogen werden. Die Schleusenkammer wird vermittelst den Aqueducten *a*. *a* Fig. 20. gefüllt, und bis zum Stande des Canals durch die Aqueducte *b*. *b* abgelassen.

Der Oberingenieur *Grangent*, welcher gemeinschaftlich mit dem Oberingenieur Pouzols die Arbeiten dieser Schleuse dirigirte, schlug noch vor: auf jeder Seite eines jeden Schleusendrempels nach seiner ganzen Höhe vier Rinnen einzuschneiden, um dadurch die Spühlung unter den Thoren zu befördern, und die Verschlammungen, die sich vor dem Drempel und in den Ecken an den Thoren bilden könnten, zu verhindern. Dieses wurde aber nicht ausgeführt, da das früher angeführte Spühlungsmanövre alle Versandungen unmöglich macht.

Im Jahr 1811 ward der vortreffliche Bau dieser grofsen und wichtigen Schleuse, die gegen 800,000 Franken gekostet hat, mit der gröfsten Sorgfalt vollendet, und im nämlichen Jahr die Schifffahrt auf dem ganzen Canal begonnen.

§. 136. In so fern die Beschaffenheit des Flufsbezirkes zwischen Tarascon und Beaucaire (Fig. 25. Tab. 128.) von dem wesentlichsten Einflufs auf das Fahrwasser nach der letztern Stadt und nach der Einmündungsschleuse des Canals von Beaucaire ist, so werden die zur Verbesserung gemachten Vorschläge hier angeführt werden müssen. Man hat, ich weis nicht zu welcher Zeit, mitten in der Rhone den Steindamm *A D* aufgeführt, welcher als Fahrstrafse dient, zu dem man von Schiffbrücken *E F* kömmt. Seit einigen Jahren wird der von Beaucaire vorbey strömende Arm immer mehr versandet, und es steht zu befürchten, dafs derselbe zuletzt die schifffahrtsfähige Tiefe verlieren könne. Der General-Inspector Ducros hatte zur Abwendung dieses Uebels vorgeschlagen: durch die vor diesem Arm liegende Sandbank *G* einen Durchschnitt zu graben, und mittelst einiger Kribben den Strom mehr nach demselben hinzuleiten.

Die wegen der Lage der Schleuse von Beaucaire ernannte Commission, diese Mittel für unzureichend haltend, glaubte die Anwendung dieses Entwurfes durch den allgemeinen Satz umzustossen: dafs, wenn ein in zwey Arm getheilter Flufs durch irgend eine partielle Ursache in einem Arm eine gröfsere Tiefe, als in dem andern erlangt habe, derselbe immer fortfahre, sich zu vertiefen, während der andere sich verlande, wenn auch später die Ursache, die früher diese Verlandung bewirkte, weggeschaft würde, weil die gröfsere Tiefe auf der andern Seite die Geschwindigkeit vermehrend, immer neue Vertiefungen in dem einen, und die Verminderung der Geschwindigkeit in dem andern Arme, also auch neue Verlandungen bewirken würde. Sie schlug daher die Erbauung eines quer durch den Stromarm von Tarascon gehenden, aus einem Steinwurf bestehenden Dammes vor. Dieser Damm, dem eine grofse Basis gegeben werden mufs, soll lagenweis aufgeführt, und die gröfsten Steine zu den obern Lagen angewendet werden. Zwey verschiedene Directionen wurden den Untersuchungen der Commission unterworfen, nämlich das in der perpendiculairen Richtung von *A* nach *C*, und das in der schiefen von *A* nach *B* zu führende Bauwerk.

Ersteres würde eine Länge von 80 mêtres, das in der schiefen Richtung aber, welches mit dem linkseitigen Ufer flufsaufwärts einen Winkel von 119 Graden bildet, eine Länge von 280 mêtres erhalten haben. Die mittlere Tiefe in der perpendiculairen Richtung beträgt beym niedrigsten Wasserstande am Fufs des, die beyden Arme von Tarascon und Beaucaire scheidenden, Steindammes auf eine Länge von 60 mêtres, 9 mêtres, und auf eine Länge von 20 mêtres, $2\frac{1}{2}$ mêtres. Der ganze übrige Theil des Bettes hat weniger Tiefe als $1\frac{1}{2}$ mêtre unter dem Nullpunct; eine Tiefe, auf welche der Damm gelegt werden soll, um die Schifffahrt von Tarascon nicht zu verhindern. In der schiefen Richtung beträgt die auf den Nullpunct reducirte Wassertiefe 8 mêtres am Fufs des Steindammes, auf eine Länge von 36 mêtres, und 2 mêtres 3 Centim. nach der ganzen übrigen Breite des Flusses. Die Anlage des Baues in perpendiculairer Richtung würde 8670 Cubikmêtres, und jenes in schiefer Richtung

4786 erfordern. Ob nun gleich bey Erbauung des letztern eine Ersparung von 3883 Cubikmêtres entstanden seyn würde, gab dennoch die Commission der perpendiculairen Richtung den Vorzug: weil sie dafür hielt, daſs dieser öconomische Vortheil nicht den Nachtheil aufwiege, den dieser schiefe Damm, als eine Kribbe wirkend, verursache, da er den Strom ganz auf die Seite von Beaucaire werfen, und diese Stadt dadurch der gröſsten Gefahr Preis geben müsse.

§. 137. Der Verfasser dieses Werkes kann weder dem Vorschlage des Herrn Ducros, noch dem der Commission beystimmen. Seine Gründe sind folgende: die Erhöhung und Versandung der beyden Fluſsarme zwischen Tarascon und Beaucaire entstehen nothwendig deswegen, weil ihre Profile zu weit sind. Die letztere Mündung muſste auch besonders versanden, weil in dem erstern Arm der *Hauptstromstrich* statt findet. Es kann weder ein in die Kiesbank *G* gemachter Durchstich dem Strom eine andere Richtung geben, noch einige oberhalb aufgeführte Kribben diesen Durchstich offen halten, weil man durch diese Anlage nicht Herr von der Stromrinne wird (I. B. S. 218.); wodurch also Ducros Vorschlag widerlegt ist.

Sollte aber nach dem Entwurf der Commission ein, in der Richtung *A c* mit Steinen aufgeworfener, nicht bis zum niedrigsten Wasserstand emporsteigender Damm, dergestalt angelegt werden, daſs zwischen seinen beyden Enden eine Oeffnung von 180 mêtres bleibt, indem hier eine Sandbank liegt: so muſs der Hauptstromstrich diese Bank, während der Aufführung der beyden perpendiculairen Werke *A. a* und *C. c*, das Bett vertiefen, und nach ihrer Vollendung die Sandbank fortnehmen, dann aber dieselbe längs Tarascon lagern, indem der Strom aus dem engen Profil *c a* heraus tretend, nicht vermögen genug hat, dieselbe weiter abwärts zu führen, und sich im Wirbel unter *c c* drehend, alles Material dort deponirt. Je enger nun dieses Profil zwischen *c a* gemacht wird, desto mehr nimmt die Geschwindigkeit, folglich auch die Tiefe zu; desto mehr wird also der Strom von Beaucaire abgezogen, und in den linkseitigen Arm hingeführt. Man muſs daher die Ursache, welche die Versandung des rechtseitigen Armes bewirkt, entfernen, d. i. die Profilweiten schmälern und den Hauptstromstrich (le fil du courant) in denselben dergestalt einzubringen suchen, daſs dennoch die Fluſstiefe von Tarascon nicht zum Nachtheil der Schiffahrt zu bedeutend abnimmt. Diese Absicht dürfte erreicht werden, wenn man 1) den Separationsdamm *A. D.* dergestalt fluſsaufwärts, gegen *J.*, verlängerte, daſs dessen Spitze in der Richtung des ungetheilten Stromstriches zu liegen käme, so daſs er diesen auffängt, und in den rechtseitigen Arm hinein wirft. 2) Müſste die Krone dieses Separationswerkes den mittlern Wasserstand der Rhone erreichen, um eine bedeutende Wassermasse in den rechtseitigen Arm zu führen. 3) Wäre von Beaucaire ab das perpendiculaire Werk *H. h.* aufzuführen, *a*) um das Profil *J. h.* dergestalt zu schmälern, daſs der Strom die Sandbank *G* fortzutreiben im Stande sey, und *b*) um die diesem Werke zu nächsten Stromfäden von *i* nach *k*, längs dem Kay

von Beaucaire, anschlagen zu lassen: folglich hier sowohl, als bey der Schleuse, eine, für das Anlanden und die Fahrt der Schiffe, hinreichende Tiefe zu erhalten. 4) Dieses Separationswerk werde, je nach dem Effect, den es leistet, verlängert. 5) Fehlte es, nach Vollendung des Werkes *H. h.*, dem rechtseitigen Arm noch an einer hinreichenden Tiefe, in der Nähe der Einmündungsschleuse: so verlängere man dasselbe weiter aufwärts über die Stromrinne hinaus, leite also in den rechtseitigen Arm eine gröſsere Wassermasse, und führe zugleich die zwey Werke *L. l.* und *M. n.* bis zum mittlern Wasserstande auf; schmälere auf diese Weise das Stromprofil oberhalb der Schleuse. Dabey bemerke ich, daſs der Bau *m. n.* dazu dienen soll, den Uebersturz des Wassers über das Werk *L. n.* unschädlich für den Fahrdamm *A. B.* (zwischen *L. m.*) zu machen, indem derselbe ein stillstehendes Wasser in den Raum *L. m. n.* bildet. 6) Sollte nach Vollendung dieser Correctionswerke der linkseitige Arm seine Fahrbarkeit verlieren wollen, so enge man denselben mit den Werken *o. p. q. r. s. t.* und *u. v. w.* ein, und leite dessen Stromstrich längs der Stadt Tarascon hin.

Wenn man hier den Faschinenbau mit dem bloſsen Steinbau verbindet, so können alle diese Werke bey der geringen Tiefe der Rhone und ihrer mäſsigen Geschwindigkeit, nicht zu groſse Summen kosten. Ja! sie sind mit den Anlagen, die ich in Baiern, in mehreren Bezirken unserer reissenden Flüsse, gemacht habe, weder in Hinsicht der Länge, noch der Stromtiefe zu vergleichen. Endlich würde es noch rathsam seyn, wenigstens von Beaucaire directe nach dem groſsen Fahrdamm eine stehende Brücke zu erbauen, und dieselbe an den Querdamm *n m* endigen zu lassen, dessen Höhe also bis zur Höhe des Fahrdammes *A. D.* zu bringen ist.

Beschreibung des Canals von Arles,

vom Ober-Ingenieur Carl von Wiebeking. (Siehe Tab. 128. die Karte.)

§. 138. Die zwischen der *Rhone*, *Durance* und dem *Meer* liegende Ebene, *la Crau* genannt, war noch vor dreyhundert Jahren, als der vom Eifer für das Nützliche beseelte Ingenieur *Craponne* den Entwurf zu ihrer Bewässerung machte, ein ganz unfruchtbarer Landstrich. Er führte durch diese Heide einen, von der Durance nach der Rhone gerichteten, die Crau bewässernden Canal, und besiegte glücklich alle Hindernisse, die ihm die Unwissenheit und die alten Vorurtheile der Bewohner dieser Gegend entgegensetzten. Craponne unternahm diesen Canal auf eigene Kosten; die Ausgaben erschöpften sein Vermögen so sehr, daſs der verdienstvolle Mann in tiefer Armuth starb.

Die Ueberschwemmungen der Rhone und der Durance sind die Ursache groſser Moräste, die sich am Ende der Crau, zwischen der Rhone und Durance, gebildet haben. Im Jahre 1619 führte ein Holländer, Namens *van-Enz*, zu ihrer Trockenlegung, fünf Gräben nach der Rhone, *robines* genannt, und zwey andere Gräben nach

dem Meere, wovon der eine der Canal von Vigueret und der andere Canal von Vigange genannt wird; die fünf ersten können nur während dem niedrigen Stand des Flusses zur Entwässerung benutzt werden.

§. 139. Der eigentliche *Canal von Arles*, welcher mit den zwey letztern Entwässerungs-Canälen in Verbindung steht, wurde schon von *Colbert* in Anregung gebracht, und *Vauban* untersuchte das Local. Im Jahre 12 der Republik kam diese Idee aufs neue zur Sprache, und durch ihn sollte die Schifffahrt auf der Rhone, unterhalb Arles, und die Küstenschifffahrt bis nach dem Hafen von *Bouc* vermieden werden; zugleich sollte derselbe als Entwässerungs-Canal der Moräste dienen. Des Ingenieurs *Bondin* Project zufolge, sollte der Canal unterhalb *Arles*, bey Negobiau, anfangen; aber die vortheilhafte Lage, welche die Einmündungs-Schleuse bey Arles erhalten wird, die Lebhaftigkeit des Handels dieser Stadt, so wie zwey seichte Hohestellen der Rhone, unterhalb Arles, bestimmten den General-Inspector *Ducros*, der den definitiven Vorschlag entwarf, den Canal bey Arles selbst in den Fluſs einmünden zu lassen. Diesem Projecte gemäſs wird derselbe in drey Haltungen getheilt werden, wovon die erste 2077 mètres lang, von der Rhone durch die Einmündungs-Schleuse so viel Wasser als zur *Schleusung* erfordert wird, erhält; die zweyte (8850 mètres lang) wird einen mètre tiefer liegen, und die dritte 23000 mètres lange Haltung soll mit dem Meere wagrecht stehen. Unmittelbar unter der Einmündung des Canals von Craponne soll die erste Schleuse oberhalb der robine Moncalade, die zweyte und dritte zwischen Negobiau und dem Mat von Galignan gelegt werden.

Die ersten zwey Canalhaltungen werden hauptsächlich ihr Speisewasser aus dem Canal von Vigneret, durch abgeleitete Rigolen, die, bey ihrem Eintritt in den Canal, mit Schützen versehen werden, beziehen. In die erste Haltung wird nur das zur Speisung nöthige Wasser geführt, das übrige aus den Morästen kommende aber in die zweyte Haltung, vermittelst einer Rigole, geleitet werden. Zur unschädlichen Ableitung dieses, in die zweyte Haltung strömenden, Wassers soll die dritte Schleuse breite Umläufe, und ihre Thorflügel Schütze erhalten. Die Seitenmauern der Einmündungs-Schleuse bey der Rhone werden einen mètre über den höchsten Stand dieses Flusses aufgeführt; an dieselben sollen sich Dämme anschlieſsen, wovon der eine längs dem Canal bis zum Hafen von Bouc gehen wird, und dieser, die Hochgewässer der Rhone übersteigende Damm soll mit den Schleusenwänden gleiche Höhe erhalten. Alle Schleusen bekommen eine Weite von 7 mètres 40 centimètres, und 38 mètres Länge, von einem Drempel zum andern. Der Canal wird von Arles, nahe vor Beine vorbey, dann rechts an den Teichen von Ligagneau und Landre bis zur Spitze von Lanson und durch den Teich von Galegeon gehen, ferner den Teich von Fond südlich lassend, den Graben von Bordigue kreutzend längs dem Meeresstrande fortlaufen, über den Canal du Roi gehen, und ohnweit desselben sich bey Bouc in das Meer einmünden. An dieser Einmündung will man, dem Vorschlag des Ingeni-

eur *Gorsse* gemäfs, eine Schützschleuse errichten, um den hohen Wellen den Eintritt in den Canal zu versagen. Der Canal wird eine Breite von 14,40 mètres und eine Länge von 43300 mètres erhalten. Dessen Abhang beträgt vom niedrigsten Wasserstand der Rhone bis zum niedrigsten Meer 1,785 mètres, welcher mit zwey Schleusen, nämlich mit der zweyten von einem mètre und der dritten von 0,785 mètre Fall übersteigen wird.

Da der Canal durch den Teich von Galegeon in zwey Dämmen durchgeführt wird, so ist der Teich gegen den Eintritt des hohen Meeres, womit er gegenwärtig in freyer Communication steht, geschützt. Dieser Teich sowohl, als der von Landre, bildet also ein Reservoir für das, aus den Morästen, welche 2,30 mètres über dem niedrigen Meere liegen, in den Canal strömende, Wasser. Es soll daher an der einen Seite des Teiches von Galegeon, in den Canal-Damm, an der Spitze von Guimbarde, eine mit Schützen zu versehende Oeffnung angelegt werden, um beym niedrigen Meeresstande das aus den Morästen gesammelte Wasser, aus diesem Teiche in den Canal aufzunehmen.

An diesem Canal von Arles wurde im September (1813) gearbeitet, d. h. es ward die untere Canalhaltung ausgegraben; bis dahin stand aber noch keine Schleuse; jedoch war man Willens, das Project des Herrn *Ducros* auszuführen.

Beschreibung des Canals von Charollois.

Vom Ober-Ingenieur Carl von Wiebeking.

§. 140. Der Canal von *Charollois*, oder *du centre*, welchen ich im August 1813 bereiste, verbindet die *Saone* und *Rhone* mit der *Loire*, und geht von *Chalons* nach *Digoin*; er ist nicht sowohl als Verbindungs-Strafse zweyer Meere (des Oceans und des Mittelländischen Meeres), sondern hauptsächlich als innerer, den Mittelpuukt Frankreichs mit seinen südlichen und westlichen Grenzen in schifffahrtsfähige Verbindung setzender Canal, wichtig und nützlich.

Schon unter Franz I. (1515) wurde allgemein der Wunsch rege: beyde Flüsse zu verbinden, und Thomassin hatte einem von Vauban erhaltenen Auftrag zu Folge, das Locale untersucht, und hierüber einen Vorschlag entworfen, nach welchem dieser Canal am Hafen von Chavort, bey Chalons an der Saone, anfangen, dem Flufs Dheune folgen, und bis zu den Teich von Longpendu heraufsteigen sollte, wo er den Theilungspunkt anlegen wollte; von diesem sollte er durch den Teich von Montchanin, dessen Länge 900 Klafter, und dessen Breite 78 Klafter beträgt, das Thal der Bourbince und des Baches Arroux, bis zu dem Hafen von Digoin folgen, und in die Loire herabsteigen. Ihm sollte eine Länge von 26 Stunden gegeben werden, und der Theilungspunkt wurde 433 Schuh über die Saone, angenommen. Unter der Regierung Ludwig XIV. kam die Ausführung dieses Projectes aufs Neue in Anregung, dieselbe unterblieb aber, bis 1778 der verstorbene General-Inspector *Gauthey* einen auf Lo-

caluntersuchungen gegründeten Vorschlag entwarf, dessen Ausführung auch unter Ludwig XVI. im Jahre 1782 angefangen, und im Jahre 1792 beendigt wurde. Er hat 7,426,206 Livres gekostet, und 81 Schleusen, 76 massive Durchlässe und 84 Brücken, worunter 16 Drehbrücken über Schleusen führen, erhalten.

§. 141. Die erste Idee zum Entwurf dieses wichtigen Canals entstand durch die natürliche Lage des Teiches von *Longpendu*; dessen Ausflüsse gehen nämlich nach den zwey entgegengesetzten Seiten, und bilden 1) nach dem Ocean oder der Loire den Bach Bourbince, welcher in die Arroux fällt, und 2) nach dem Mittelländischen Meere, oder nach der Saone das Flüſschen *Dheune*.

Aus der Lage (siehe die Karte Tab. 128.) dieses, nur aus Regen und Schneewasser gebildeten, Teiches von Longpendu geht hervor, daſs derselbe der niedrigste Punkt auf der, die Wasserscheidung zwischen dem Ocean und Mittelländischen Meer bildenden, Gebirgskette ist; und dieser Punkt muſste als der höchste zwischen der Loire und Saone, und als der niedrigste der ganzen Gebirgskette zum Theilungspunkt des Canals gewählt werden. Indessen war die Wassermasse dieses Teiches zur Versorgung des Canals nicht hinreichend: es waren also Rigolen, womit man das Wasser der höher liegenden Teiche, Thäler, Bäche und Quellen zur Theilungs-Haltung führte, nothwendig. Diese Speise-Canäle sind folgende: 1) die Rigole von Torcy, welche das Wasser *a)* des Baches von Torcy *b)* des aus Regen- und Schneewasser gebildeten Reservoirs von Torcy, und der Teiche le Duc, la Borgne und la Muette aufnimmt.

Diese mehr als eine Stunde lange, 15′ breite und 5′ tiefe, mit *A C* bezeichnete Rigole von Torcy führt unter allen andern dem Theilungspunkt die gröſste Wassermasse zu. Sie ist, um die Verbindung der Anlagen bey Creusot, welche in einer groſsen Kanonen- und Eisengieſserey sowohl, als einer bedeutenden Glashütte und einem Steinkohlen-Bergwerk bestehn, wenigstens zum Theil mit dem Canal du Centre zu bewerkstelligen, bis Torcy schiffbahr gemacht. Zu diesem Zweck ist eine Schleuse am Ausgang des Teiches de la Muette angelegt worden. Die schiffbahre Rigole wird von kleinen Barken befahren, die den achten Theil der Last eines, den groſsen Canal befahrenden Schiffes tragen. Eine Strecke oberhalb des Teiches de la Muette ist sie durch einen Steinkohlenberg, 3000 Schuh bey *A A* unterirdisch geführt, um den natürlichen, das Thal verfolgenden Lauf des Baches, zur Erleichterung der Schifffahrt, und zur Verminderung des Wasserverlustes, durch Ausdünstung und Filtration, abzukürzen *). Diese unterirdische Leitung ist mit einem gothischen Gewölbe untermauert. Anfangs war es aus Ziegeln und Bruchsteinen gemacht; späterhin, als

*) Anfänglich wurde die Rigole von Torcy längs den Bergabhängen, worauf das Dorf Gratoux liegt, nach vielen Krümmungen vom Teiche la Muette nach *B B* geführt. Auch lief von Charmoy, St. Viciis eine Rigole *V V V* nach Torcy herab; diese sowohl als die Rigole von St. Julien, sind verlassen, und werden nicht mehr offen gehalten.

einige Theile einstürzten, gebrauchte man zur Wiederherstellung Werkstücke. Während der Ausführung sind in gleicher Enifernung acht, 6 bis 8 Schuh im Durchmesser grofse, cylinderförmige Schächte von der Oberfläche des Berges abgeteuft worden. Sie waren aus Ziegelsteinen ausgemauert, und dienten zur Ausförderung der, durch die Ausgrabung der Rigole erhaltenen, Materialien. Gegenwärtig bestehen nur noch vier dieser Schächte, wodurch das Tageslicht in die unterirdische Leitung eintritt; die übrigen wurden wegen Verminderung der Unterhaltungskosten, nach Vollendung des Canals, zugemauert. Da ohnehin die Ausgaben bey Anlagen der Art sehr bedeutend sind, so brachte man, um den für den Ziehweg erforderlichen Raum nicht ausfördern zu dürfen, an den Seitenmauern der Rigole, Ringe an, worin die Schiffer mit Hacken eingreifen, und das Schiff so vorwärts schieben.

Bey heftigen Regengüssen erhält dieser Leitcanal von Torcy, worüber drey Brücken führen, eine seine Ufer übersteigende Wassermasse. Um diese unschädlich abzuführen, ist das des goulottes genannte Ueberfall - Wehr an einer Seite angelegt.

§. 142. Die zweyte, bey dem Dorfe *St. Eusebe* vorbeygehende Rigole *D D D* ist die von *Marigni*; dieselbe hat, da sie immer dem Lauf der Thäler folgt, ungefähr die Länge von 5 Stunden. Sie wird gebildet 1) durch den Teich von Panneeau, 2) durch die Anfänge des im Thal von Marigni fliefsenden Baches, 3) durch den Teich Queue de Boeuf, und 4) durch den Teich Berthaud, durch welchen sie fliefst.

Vier Ueberfallwehre dienen ihr zur Ableitung der Hochgewässer; nämlich ein senkrechtes Ueberfallwehr zu Marigni; eines in Form einer Synocoide (Fig. II. *c.* Tab. 80.) unter dem Teich des Queue de Boeuf; ein drittes nach einer schiefen Fläche construirtes bey Parisenot, und ein viertes unterhalb des Teiches von Berthaud. Alle diese Wehre sind aus Werkstücken regelmäfsig aufgesetzt. Endlich empfängt diese Rigole das Wasser des Teiches, le petit Montchanin, welcher sich in den Teich Berthaud ergiefst.

Die Rigole von Marigni liefert, bey trockner Jahreszeit zur Speisung des Canals, sehr wenig Wasser, und nur bey häufigen Regengüssen, wo der Canal kein Wasser bedarf, würde sie demselben eine zu grofse Menge zuführen. Dies zu verhindern, sind die obigen vier Ueberfallwehre angelegt. Ihre bedeutende Länge bewirkt einen wesentlichen Wasserverlust, so dafs sie wenig ergiebig ist.

§. 143. Die dritte Rigole *E E* nennt man die von *Longpendu.* Sie liefert der Theilungs - Haltung das Wasser des Reservoirs von Longpendu. In dieses ergiefsen sich bey *G* die Teiche Bordeau, Ravardes, grande Guillemette et petite Guillemette. Sie hat ungefähr 600 Fufs Länge, und liefert eine beträchtliche Wassermenge.

Die Rigole von Chapelle (*IV. IV.*), welche dem Theilungspunkt das Wasser des Teiches gleiches Namens geführt, ist die vierte. Sie wird vom Regenwasser gebildet.

§. 144. Die Teiche Corne au Vilain, St. Pierre und le nouvel etang ergiefsen sich ohne eine Rigole in den Canal.

§. 145. Endlich bildet die Theilungs-Haltung zum Theil einen See, grand Montchanin genannt. Derselbe wird durch alle obengenannten Rigolen sowohl, als durch das Regenwasser und das Wasser des, aus dem Thal Laurent hervortretenden, Baches gefüllt. Oberhalb der ersten Schleuse gegen die Saone zu, durchschneidet die Theilungs-Haltung eine Anhöhe, und bildet so einen Bergdurchschnitt, welcher bey der Brücke Jean-Rofs anfängt, und bey der ersten Schleuse, gegen das Mittelländische Meer, aufhört. Zwey senkrechte, in zwey Absätzen geführte Mauern bilden die Seitenwände dieses Bergdurchschnittes.

§. 146. Sowohl aus der Lage der Leitcanäle, als aus der Anschauung der Karte geht hervor: dafs die Speisung des Canals, die unterirdische Leitung der Rigole von Torcy ausgenommen, keiner besondern Schwierigkeit unterworfen war, da so viele Thäler höher, als der Theilungspunkt liegen und da das aus den Teichen so wie durch die Rigolen strömende Wasser sehr wenig Schlamm mit sich führt. Der umgekehrte Fall setzt der Ausführung der Canäle oft die gröfsten Hindernisse entgegen.

Dieser zahlreichen Wasserbehälter ungeachtet, soll doch bey sehr trockenen Jahren manchmal Wassermangel bey dem Theilungspunkte eintreten, so dafs man häufig genöthigt ist, die Schiffe der Theilungs-Haltung bey dem siebenfachen Schleusenfall zu versammeln, folglich immer die nach der Saone gehenden Schiffe mit der nämlichen Füllmasse herabfallen, mit welcher die aufwärtsgehenden steigen. Man könnte aber auch diesen nur selten eintretenden Wassermangel abhelfen, wenn man einen grofsen Teich in dem Thal von Torcy, unterhalb des jetzigen Teiches, anlegen, und so das im untern Thal jetzt verlohren gehende Regenwasser, mittelst eines Staudammes, sammelte. Dieser Teich ist auch wirklich schon vorgeschlagen.

§. 147. Aber nicht allein der Theilungspunkt, sondern auch mehrere Canalhaltungen, so wohl nach der Seite des Oceans, als der des Mittelländischen Meeres, werden von den unterhalb fliefsenden Bächen und Teichen gespeifst.

Folgende treffen wir nach der Loire zu an: 1) den zwischen der dritten und vierten Schleuse, d. i. zwischen den Schleusen Nr. 27. und 28. liegenden Teich von Parisenot, der zugleich den Canal bildet. Er empfängt nicht nur das Regenwasser der nahen Thäler; sondern auch das überflüssige Wasser des Theilungspunktes. Zur Ableitung des der Schifffahrt entbehrlichen Wassers ist bey diesem Teich ein nach einer schiefen Fläche erbautes Ueberfallwehr angelegt.

Das über dasselbe stürzende überflüssige Wasser ergiefst sich in die Bourbince. Ueber dieses Wehr ist eine steinerne Brücke geführt. Ferner treten, vermittelst in Dämmen geführten Leitungen, in diesen Canalast 2, die Bäche Bourbince, Marigni, Torcy, welche bey St. Glin, unterhalb der Schleuse Nr. 24., in den Canal fallen, und ihn reichlich mit Wasser versorgen. Da ihre Wehre und Leitdämme vor sechs Jah-

ren durch heftige Regengüsse zerstört wurden, so ergiefsen sie sich wieder in ihr altes Bett. Man hat deſswegen 1813, zur Wiederherstellung dieser Wehre, neue Vorschläge gemacht, die aber noch nicht genehmigt sind, und so entbehrt bis jetzt dieser Canalast den Zuflufs dieser Gewässer. 3) Der Bach von Plesis ist, mittelst einer kleinen Rigole, unterhalb der neuen Schleuse, in den Canal geleitet. Derselbe liefert viel Wasser, und ist bey seinen Ausflufs mit einer Schütze versehen *). 4) der Bach von Vernoi, der sich in den Canal, unterhalb der Schleuse No. 20., ergieſst, liefert eine unbedeutende Wassermenge. 5) Der Bach des Teiches du Pervier oder Sanvigne, welcher in den Canal, durch den unterhalb der Schleuse Nr. 7. liegenden und mit einem Schütze versehenen Aqueduct, fällt. 6) Der Bach von Vaudin mündet sich in den Canal zwischen den Schleusen Nr. 12. und 13., bey dem Dorfe Palinges. Da dieser Bach bey Regengüssen sehr viel Wasser führt, so war man genöthigt, in dieser Canalhaltung ein Ueberfallwehr mit Schützen an dem Orte, Corbarie genannt, anzulegen. Das über das Wehr fallende, mit einer Brücke versehene Wasser ergieſst sich in die Bourbince; welche in den Canal, unterhalb der Schleuse Nr. 13., mittelst eines mit einer Schütze versehenen Aqueductes tritt, und eine beträchtliche Wassermenge liefert. 8) Der Bach und Teich von Cohatiot ergiefsen ihr weniges Wasser durch den mit einer Schütze versehenen Aqueduct in die Canalhaltung zwischen den Schleusen Nr. 5. und 6.

§. 148. Wir kehren jetzt zu dem fallenden Canalast gegen die Saone zurück. Er hat, ausser dem Theilungspunkte, noch folgende Wasserzuflüsse: 1) den Teich de la Motte, welcher dem Canal oberhalb der achten Schleuse wenig Wasser zuführt. 2) Die Gewässer des Baches und des Teiches von Villeneuve, welche sich in den Canal durch eine Rigole und einem Aqueduct oberhalb der 18ten Schleuse ergiefsen. Da dieser Bach durch die hohe Lage der Berge, welche ihm Wasser zuführen, manchmal bey grofsen Regengüssen sehr anschwillt, und das Hochwasser desselben schon dreymal die Dämme des Canals durchbrochen hat, so hat man vorgeschlagen: ein Ueberfallwehr in der Canalhaltung, zwischen der 18ten und 19ten Schleuse, zu erbauen. Uebrigens liefert dieser Bach, bey trockener Jahreszeit, sehr wenig Wasser. 3) Der kleine Teich Gayere, welcher zwischen der 22sten und 23sten Schleuse in den Canal fällt, bildet einen unbedeutenden Wasserzuflufs. 4) Das Flüſschen Dheune, durch eine Schütze unterhalb der 30sten Schleuse in den Canal fallend, ist aber ergiebiger. 5) Der Bach Thalie, welcher in die zwischen der 43sten und 34sten Schleuse gelegene Canalhaltung fällt.

*) Diese Bäche wurden nämlich unterhalb den Wehren, wo man die oben beschriebenen Rigolen daraus abgeleitet hatte, abermals abgedämmt, und in Leitdämmen geführt. Auf diese Weise konnte dem Canal, unterhalb dem Theilungspunkte, das Wasser, welches sie über ihre Wehre erhielten, zugetheilt werden; denn sie haben ihren Lauf längs des Canals hin.

Auf diese Weise ist die Canalstrecke, vom Theilungspunkt bis zur Einmündung in die Loire, durch seine vielen obengenannten Zuflüsse viel reichlicher mit Wasser versehen, als der nach der Saone fallende Canalast. Daher wird auch meistens die erstere vom Theilungspunkt aus nur mit dem zum Manöver der Schleusen erforderlichen Wasser versehen.

§. 149. Diese Canalstrecke nach der Loire, wenig Hindernisse bey der Ausführung darbietend, hat vom Theilungspunkt bis zu ihrer Einmündung in die Loire, ohnweit Digoin, bey einer Länge von 32618 Pariser Fuſs, einen auf dreyſsig Schleusen vertheilten Fall von 249 Fuſs 8 Zoll; wie übrigens diese Schleusen vertheilt sind, zeigt das auf Tab. 128. dargestellte, und auf einen Horizont reducirte Developpement des Canals. Die meisten dieser Schleusen haben einen Fall von 8 Fuſs. Der Canal läuft in einem kleinen Thale längs der Bourbince, und auf der ganzen Strecke findet sich nicht ein einziger Wildbach, der für denselben gefährlich seyn könnte. Darum hat man auch die meisten kleinen, wenig Material führenden Bäche in den Canal aufgenommen, und so dessen Hülfsquellen vermehrt. Sieben und vierzig dieser Bäche sind in kleinen Aqueducten von einem oder drey Bogen, und von 6 — 18 Fuſs Weite unter dem Canal durchgeführt. Auf dieser ganzen Strecke liegen 40 aus Werkstücken gemauerte Communications-Brücken über den Canal, welche zum Theil gleich unterhalb den Schleusen erbaut sind.

Bey Genelard, d. i. bey der Schleuse Nr. 15., durchstach man einen kleinen Berg auf die Tiefe von 30 — 60 Schuh, um den Canal hindurch zu führen, und so einen groſsen Umweg zu vermeiden, den man bey Nachgehung des Thales hätte machen müssen. Die beyden Mauern, die diesen Bergeinschnitt unterstützen, sind in einer Böschung aus guten Bruchsteinen trocken aufgeführt. Ein Theil derselben ist wieder neu aufgemauert worden, weil die anfänglich erbaute Mauer einstürzte.

Obgleich die Canallinie den Krümmungen des Thales folgen muſste, so hätte man doch viele unnütze Krümmungen vermeiden können.

Die Schleusen sind meistens aus sehr gut gebrannten Ziegeln, mehrere aber auch aus festen Sandstein-Werkstücken erbaut.

§. 150. Der nach der Saone gerichtete Canalast war, des gröſsern Falles wegen, welcher 404 Schuh 8 Zoll auf die Länge von 24115 Fuſs beträgt, zwar bedeutenden Kosten, aber demohngeachtet nicht gröſsern Schwierigkeiten, als der obenbeschriebene, unterworfen; denn auch hier folgt der Canal den Lauf des im Teiche von Longpendu entspringenden Flüſschens Dheune, bis ohnweit dem Städtchen Chagny, wo er dessen Thal verläſst, und längs dem Bach Thalie, bis nach Chalons, läuft. Nur die Strecke zwischen der Dheune und Thalie muſste zur Vereinigung beyder Thäler, zum Theil, in einem Berg-Durchschnitt geführt werden, die die *Tranche von Chagny* genannt wird.

Gleich bey der Theilungshaltung, die eine Länge von 1323 Fuſs hat, fällt dieser Canalast 7 Schleusenfälle, jeder von 8 Schuh höhe, herab. Diese Schleusen sind aber nicht unmittelbar an einander gekuppelt, sondern man hat zur Bequemlichkeit der Schifffahrt immer eine kleine Canalhaltung zwischen jeder Schleuse angebracht.

§. 151. Auch diese Canalstrecke beschreibt, wie die andere, manche unnütze Krümmung. Unter derselben sind 37 Aqueducte durchgeführt, von welchen mehrere, so wie bey der entgegengesetzten heberartig sind. Durch fünf Schleusen, wovon 45 einen Fall von acht, fünf von 9 und eine von 1 ½ Schuh haben, steigen die Schiffe vom Theilungspunkte in die Saone herab. Da man ursprünglich der Schleuse Nr. 30. einen Schuh und 6 Zoll Fall zu wenig gegeben hatte, so wurde nach Vollendung des Canals eine zweyte, diesen Fall übersteigende Schleuse nothwendig; wiewohl auf der Karte nur 50 Schleusen angedeutet sind, so liegen doch 51 darauf.

Zwischen der 30sten Schleuse und dem Berg-Durchschnitt von Chagny ist der Wasserverlust wegen der vielen in dem felsigten Bett des Canals befindlichen Durchsikerungen verursachenden Spalten noch immer sehr beträchtlich. Am gröſsten ist er in der Gegend des Dorfes von Remigni; ohngeachtet der daselbst an vielen Orten gemachten Thonlagen. Hätte man den Canal bey seiner Anlage einige Schuh tiefer ausgegraben, so wäre dieser Theil jetzt mit einem thonigten Schlamm überzogen, der alle Filtration unmöglich machen würde.

§. 152. Die Schleusen dieser Canalstrecke sind meistens aus schlechten Sandstein-Werkstücken construirt. Man muſste sich ihrer vor Eröffnung des Canals bedienen, da man die guten Steine, die man in den Brüchen der jenseitigen Canalstrecke findet, nicht transportiren konnte.

Der Canal hat meistens die Breite unten von 10 mêtres, und seine Böschungen sind in einem Winkel von 15 Graden gemacht. Bey jedem beträchtlichen Dorfe ist ein, einen Bergeplatz für die Schiffe bildendes Bassin angelegt.

Dieser Canal wird nur mit den schlecht gebauten Schiffen der Loire befahren, die eine Länge von 90, und eine Breite von 14 Schuh haben.

Alle Aqueducte sind aus Mauerwerk von Bruchsteinen, und aussen von Werkstücken. Die Widerlager derselben sind mit geschlagener Thonerde (corroi) bedeckt, eben so das Gewölbe, welches mit einem Beton von Cement und überdieſs mit geschlagener Thonerde bedeckt ist. Alle Schleusen sind ohne Pfahl- und Schwellrost gegründet. Diese Art Gründung scheint nicht der nöthigen Vorsicht zu entsprechen, die man bey Werken dieser Art, wenn anders der Boden nicht vollkommen gut ist, beobachten muſs. Die erste der sieben Schleusen beym Theilungspunkt nach der Saone zu, ist auch im Anfang July 1812 zu einer Zeit, wo die Schifffahrt des Canals noch offen war, eingestürzt. Ihr Boden war, wie ich den 25. August 1813 sah, gänzlich unterhöhlt.

Der die Arbeiten des Canals leitende Ingenieur Mechini will diese abgestürtzte Seitenmauer, an deren Stelle bis zur Zeit der Räumung eine Balkenwand angelegt war, vier Schuh tiefer, als den bestehenden Theil der Schleuse gründen, und in den Boden (radier) der Schleuse, an drey verschiedenen Orten, drey, mehrere Schuh dicke, verkehrte Gewölbe anlegen, die sich gegen die Seitenmauern stemmen, und so zu deren Festigkeit beytragen sollen.

§. 153. Die Schleusen dieses Canals haben, wie aus Fig. 16. Tab. 81. hervorgeht, alle verticale Schächte *f* und horizontale Röhren *d*, durch welche die Füllung und Leerung der Kammern geschieht. Zum Oeffnen und Verschliefsen dieser Röhren bedient man sich einer Fallschütze. Dieses Schütz ist ein aus dicken Brettern zusammengesetztes Kreisstück, welches in der Mauerfalze der Röhre oder eines Kreis-Gewölbes auf und nieder geht. Es ist vorne an ein krumm gehauenes Holz befestigt, worin zwey Arme gehn, die hinten in eine Welle eingezapft sind, und diese ist in ihren zwey Zapfenlagern beweglich. In der Mitte geht, von dem einen Arm nach dem andern, ein Riegel, wodurch ein Rundnagel läuft, der an die Hebelstange, welche in dem Schachte steht, befestigt ist. Diese Stange ist, oberhalb der Schleuse, mit einem Hebel, vermittelst eines Rundnagels, in Verbindung. Da dieser Hebel auf einen, nach einem Kreisstück abgerundeten, Stein ruht, so darf man ihn nur herunterdrücken, und das Fallschütz steigt in die Höhe. Wird der Hebel gehoben, so geht das Schütz zu, und es verschliefst die Röhre. Sowohl an der Einlafsröhre *c* Fig. 7. Tab. 81., als an der Auslafsröhre *b* ist ein solches Fallschütz angebracht. Diese Art, die Schleusen zu füllen, scheint besonders defswegen sehr vortheilhaft zu seyn, weil durch dieselbe die schädliche Wirkung des bey andern Schleusen durch die Thorschütze stürzenden Wassers auf die Schleusensohle ganz aufgehoben ist, und dadurch nicht nur der Schleusenboden geschont, das Manöver der Schiffe erleichtert und auch, wegen der Kürze der Schleusenkammern, eine Wasserersparnifs bewirkt wird: denn die Füllung der Kammer durch die Thore, macht eine längere Kammer nothwendig, weil das Wasser über die Fallmauer, nach einer Parabel stürzt. Nur zwey Schleusen dieses Canals haben zur Füllung und Leerung Schützen in den Schleusenthoren, und zwar die an der Mündung der Loire und Saone liegenden, weil das Hochgewässer dieser Flüsse die Schächte und Röhren verschlammen würde.

Das Manövre der 19 Schuh hohen, 10 Schuh 7 Zoll breiten untern, so wie der 4 Schuh hohen obersten Schleusenthore geschieht, mittelst eines mit den obern Thorbalken ein Stück bildenden Drehbaumes, der jedesmal ungefähr die Länge der Schleusenthorbreite hat.

Die Schleusenwände haben bis zur Höhe der Füllmasse eine kleine Böschung, Fig. 15., von da sind sie vertical aufgeführt. Selbst die aus Ziegel aufgemauerten Schleusen haben doch immer zur Verbindung des ganzen Gemäuers einige Werksteinschichten.

§. 154. Längs dem Canal ist auf dem Damme, auf einer Seite, eine recht gut unterhaltene Strafse von 18 Schuh Breite angelegt. Die Krone des jenseitigen Canaldammes bildet zugleich den 5 Schuh breiten Ziehweg, der aber nur von Menschen betreten wird, weil die Canalschiffe gewöhnlich durch 2 Menschen gezogen werden.

An beyden Seiten des Canals laufen Nebengräben zum Auffangen des Regen-, Berg- und Schneewassers.

§. 155. Die technische und baupolizeyliche Aufsicht über den Canal ist vortrefflich eingerichtet. Ein unter dem Oberingenieur des Departements stehender Ingenieur ist speciell mit der Sorge für den Canal beauftragt. Derselbe hat alle auf Verbesserungen oder Wiederherstellung beziehenden Projecte zu entwerfen, und über deren Ausführung zu wachen. Dem Ingenieur sind drey Condukteurs zugeordnet. Jedem derselben ist ein Canalstück zur Aufsicht anvertraut. Ihnen liegt die genaue Ausführung der Aufträge des Ingenieurs, die schleunigste Anzeige aller bey dem Canal vorkommenden Unfälle, und die Aufsicht über die Arbeiter und Schleusenwärter ob. Sie müssen ein tägliches Journal über die Arbeiten und sonstigen Vorfälle, der mit der Aufsicht des Theilungspunctes beauftragte Condukteur besonders aber, über die Pegelhöhe, jedes Teiches und Reservoirs, führen, welches alle 15 Tage eingeschickt wird. Nach diesen gegebenen Daten bestimmt dann der Oberingenieur die Wassertiefe, die bis auf neue Verordnung der Canal haben soll. Dieses wird allen Schleusenwärtern mitgetheilt, und dieselben müssen das Wasser immer nach der vorgeschriebenen Pegelhöhe halten. Eben so müssen die Schiffe sich nach dieser alle 4 — 6 Wochen nach dem Wasservorrath sich ändernden Verordnung richten, und demnach ihre Schiffe beladen. Die Schleusenwärter, die an der Schleuse eine auf Kosten der Regierung gebaute Wohnung haben, sind sowohl beauftragt, das Schleusen-Manövre zu machen, über die Erhaltung der Schleuse selbst zu wachen, als auch alle Tage die ganze Canalhaltnng zu begehen. Ausser diesen Schleusenwächtern sind noch sogenannte Canalwächter angestellt, die besonders über die Aufrechthaltung der Canalbaupolizey zu wachen haben, und zugleich eine Art Briefträger machen, um die Aufträge des Ingenieurs an die Condukteure, oder die Rapporte der Condukteure an den Ingenieur zu befördern. Dafs bey diesem Canal angestellte Personale kostet jährlich 50,000 Francs; der Ertrag des Canals betrug in der letzten Zeit jährlich 200,000 Francs; und die Baukosten betragen etwa 90,000 Francs, so dafs noch 60,000 Franken übrig bleiben.

§. 156. Vom 15. July bis zum 15. October geschieht jährlich die Ablassung und Räumung des Canals, und die Ausbesserung an den Schleusen und andern Bauwerken. Die erstere wird in der Entreprise nach dem kubischen Inhalt, die kleinen Ausbesserungen aber in der Regie unternommen. Bey der Räumung wird der Transport des Schlammes ausserhalb des Canals, auf eine gewisse Entfernung, nicht verstanden, sondern derselbe, im Verhältnifs der Entfernung, bezahlt.

§. 157. Es sey mir erlaubt, noch einige Bemerkungen über die Schleusen à la Solage und der Schiefen-Fläche, die man auf dem von Torcy bis Creusot fortzusetzenden Canal dieses Namens anlegte, und wovon die erstere im 2. B. S. 727. beschrieben ist, zu machen. Der groſse Mangel an Wasser würde es beynahe unmöglich gemacht haben, die obere Canalstrecke hinlänglich mit der zur Schleusung nöthigen Wassermasse zu versehen; man legte daher diese Schleuse und eine Schiefe-Fläche an, um dadurch, ohne Wasserverlust, die Fälle zu übersteigen. Allein die Anlage derselben blieb nur ein Versuch, der um so mehr als miſslungen anzusehen ist, als man seit mehreren Jahren den Gedanken, diesen Canal überhaupt auszuführen, ganz aufgegeben hat. Gleich bey den ersten Experimenten stieg die im 2. B. S. 727. erwähnte Tonne, also auch das unbeladene Schiff, zu schnell in die Höhe, so daſs letzteres umgeworfen wurde. Es wurde daher ein aus einer gezahnten Stange und einer Winde bestehender Regulator an den Kasten angebracht, um nicht nur die schnelle Bewegung des aufsteigenden oder sinkenden Kastens zu mäſsigen, sondern auch um den beladenen Kasten, vereinigt mit dem hydrostatischen Druck der Tonne, zu heben.

Diese Schleuse, die in der Nähe von Creusot erbaut ist, sowohl, als die eine Stunde davon liegende Schiefe-Fläche, sind gegenwärtig (1813) im schlechtesten Zustande, der gröſste Theil des Eisens ist gestohlen, und man sieht nur noch die Reste dieser kostbahren Experimente!

Beschreibung des Canals von St. Quentin. Tab. 128.

§. 158. Der Canal, welcher die *Somme* mit der *Schelde* vereinigt, und von St. Quentin aus die Fortsetzung des Canals der Picardie (von der Oise bey Channy bis zur Somme bey St. Quentin gehend), bildet, gehört zu den kostbarsten Unternehmungen in der Canalbaukunde. Das erste Project zu diesem Canal von St. Quentin, wurde im Jahre 1727 von dem Ingenieur *Devic* vorgelegt. Er wollte ihn nach der auf der Karte angegebenen Linie I. II. III. ziehen, bey dem Dorfe Tronquoy und bey Belicourt unterirdisch, sonst aber überall offen führen. Unterdessen unterblieb diese Unternehmung, bis Ludwig XV. durch den Ingenieur *Laurent* einen neuen Entwurf machen lieſs. Nach demselben sollte der Canal 42120 Fuſs, gröſstentheils unterirdisch, nach der Linie IV. V. geführt werden, und man wollte neun und sechzig, 43 bis 187 Fuſs tiefe Schächte zur Aufförderung des Materials, und zur Einlassung des Tageslichtes anbringen.

Nach dem einen und dem andern Vorschlage sollten die Quellen und Teiche der Schelde und Somme den Canal mit Wasser versehen. Von 1769 bis zum Tode Laurents 1773 war bereits von der Somme bis Nouvoir, eine Strecke von 20000 Schuh, zu 10 Schuh Breite und 10 Schuh Höhe, unterirdisch ausgehoben, und eine Million Livres verwendet. Gegen diesen riesenhaften Entwurf entstanden so viele

Zweifel, daſs die französische Regierung (1800) eine Commission zu seiner Untersuchung niedersetzte. Diese bestand aus den Ingenieurs Gauthey, Ducros, Prony, Recicourt und Becquey. Sie stimmte für den Entwurf von Devic, und ihr traten mehrere Glieder der General-Direction des Brücken- und Wegebaues bey; eines Theils, weil das Laurent'sche Project beynahe eine und eine halbe Million mehr kostete, der Luftzug durch einen so langen unterirdischen Canal äuſserst nachtheilig seyn würde, und andern Theils, weil die Enge des Canals, indem sein Wasserspiegel nur 16 Schuh breit seyn sollte, für den Schiffszug ein groſses Hinderniſs ausmachen würde, auch das Durchdringen des Wassers nicht zu vermeiden sey, und weil man mitten in diesem unterirdischen Canal einen Ausweichplatz anlegen müsse, dessen Ausführung mit auſserordentlichen Schwierigkeiten und Kosten verbunden seyn würde. Alle diese Gründe setzten die Ingenieure Gauthey, Montroncher, Prony, Sganzin, Lesage, Girard, Houdouard und Panay weitläufig auseinander, und fügten noch hinzu, daſs der offene Canal nicht so vielen Zufällen, als der unterirdische unterworfen seyn würde. Sowohl die Meynung dieser Ingenieure als derjenigen, welche für den Laurent'schen Entwurf gestimmt hatten, wurden dem französischen Institut zur Entscheidung vorgelegt, welches sich für den Devic'schen Vorschlag erklärte, dessen Ausführung 1803 begonnen wurde, nachdem der erste Consul sich im Jahre 9 an Ort und Stelle begeben hatte. Vom Anfange der neuen Arbeiten bis Ende 1810 ist dieser Canal mit 10 ½ Millionen Franken beynahe ganz vollendet worden.

§. 159. Der Oberingenieur *Gayant* hat die Arbeiten dirigirt, und dafür eine jährliche Pension von 6000 Franken erhalten. Unter ihm standen die Ingenieurs Besin und Langlier. Von dem Canal Crozat bey St. Quentin bis zur Theilungshalunweit Tronquoy beträgt die Länge 7600 mèter oder 23396 Fuſs, 4 Zoll, 8 Linien. Den Fall dieses Canals, von 31′ 5″ 7‴, wollte Laurent auf 3 Schleusen vertheilen, nämlich auf die Schleuse Nro. 1. bey St. Quentin, Nro. 3. und Nro. 5., so daſs jede Schleuse einen Fall von 3 mèter und 41 Centimèter, oder 10 Fuſs 5″ 10‴ erhielt; er ist aber auf 5 Schleusen vertheilt, nämlich auf die Schleuse Nro. 1. bey St. Quentin, Nro. 2. bey Moulin Brulé, Nro. 3. bey Omini, Nro. 4. und Nro. 5. beym Hause Pascal; daher jede Schleuse einen Fall von 6′ 3″ 0‴ erhalten hat. Die Theilungshaltung hat eine Länge von 20177 mèter, worin die beyden unterirdischen Canaltheile Statt finden. Das erste Souterain liegt nämlich bey Tronquoy; dessen Länge beträgt 1090 mèter oder 3355 Fuſs 6″ 1‴, und es ist mit Ziegeln ausgewölbt; das zweyte liegt zwischen Belicourt und Bony; dessen Länge beträgt 5676 mèter oder 17476 Fuſs, 4 Zoll, wovon etwa ein Drittheil ausgewölbt ist. Beyde Souterains sind 24 Fuſs 7″ 6‴ (8 mèter) weit; ihre Eingänge sind aus Werkstücken gemacht, welche man beym Anfang des Frostes genau verschlieſst, damit die Souterains nicht mit Eis bedeckt werden, welches weit später als das im offenen Canal aufgehen würde. Vor diesen Eingängen ist der Canal 40 mèter (123′ 1″ 8‴) breit gemacht, damit die Schiffe

hier warten, bis ein Schiff durch das Souterain gegangen ist; und es sind gewisse Stunden festgesetzt, in welchen die Schifffahrt von der Somme nach der Schelde, und umgekehrt von diesem nach jenem Flusse statt findet.

Von der Theilungshaltung oder der ersten Schleuse gegen die Schelde zu bis Cambrey hat der Canal eine Länge von 24774 Meter. Sein Fall beträgt 37 Meter 61 Centimeter oder 115 Fuſs 9″ 4‴, und wird mit 17 Schleusen überstiegen. Sie liegen bey Bousquet, bey der Mühle Lafosse, bey Honnecourt, Banteux, Vauxelles, Vinchy, Crèvecoeur, Saint-Waast, Marnières, Bracheux, Marcoing, Talmes, Nogelles, Cantigueux und Proville. Von den 4 ersten Schleusen hat jede 5′ 7″ 11‴ (1 Meter 87 Centimeter) von den andern 2 Meter 18 Centimeter bis 2 Meter 30 Centimeter Fall. Die Breite dieser Schleusen beträgt 5 Meter 20 Centimeter oder 16 Fuſs 1‴ und die Länge 37 Meter (117 Fuſs 10″ 10‴).

Die Schelde ist oberhalb Boquet durch ein Wehr abgedammt und in die Theilungshaltung durch eine Rigole eingelassen, welches Wehr man mit Grundablässen versah, und in dieser Rigole hat man Stauschütze angelegt, um so viel Wasser, als der Canal bedarf, einzulassen. Eben so ist mit der Somme verfahren, von welcher ab, unweit der Mühle Lesdin, eine Rigole bis oberhalb der Schleuse Nr. 5. gezogen ist. Auf diese Weise kann der fünf Fuſs tiefe Canal, wenn man will, mit hinreichendem Wasser versehen oder auch trocken gelegt werden, um die Ausbesserungs-Arbeiten vorzunehmen.

Die verschiedenen Bäche und Gräben, welche der offene Canal antrifft, sind unter demselben, in gemauerten Durchlässen, geführt worden. Zur Entlastung des häufigen Regenwassers sind einige heberartige Seitenablässe angebracht. Da man die Wasserhöhe, wie oben gezeigt ist, in seiner Gewalt hat: so sind wenig Seitenablässe nothwendig geworden. Brückcanäle sind nur zwey angelegt, nämlich bey Honecourt, weil der Canal hier zweymal die Schelde passiren muſste. Unterhalb jedem massiven Brückcanal, wovon der eine einen, und der andere 3 Bögen hat, ist eine Schleuse angebracht, wodurch viel Mauerwerk erspart wurde. Endlich sind auch Nebengräben längs dem Canal, um das Berg- und Regenwasser abzuführen, angelegt.

Der feste aus Thon und Mergel bestehende Boden hat den Ingenieur Gayant bestimmt, alle Schleusen und Brükcanäle ohne Pfahlroste anzulegen, und nur die fünf Schleusen von St. Quentin bis Tronquoy, wo der Grund aus Torferde besteht, sind auf einem liegenden Schwellroste erbauet, welchen man aus doppelten, der Queere nach liegenden Balkenwänden, die man mit starken eisernen Bolzen verbunden hat, zusammensetzte. Zwischen beyden Balken und über den Rost sind eichene Planken gelegt worden, und unter demselben liegen da, wo die Schleusenmauern stehen, fünf Längen-Balken, zwischen denen der Raum und das Unterlager mit Thon ausgestampft worden ist. Auch unter den Queerbalken ist so eine Thon- oder Lehmschichte festgestampft worden. Der Boden der Schleuse ist fünf Schuh dick, nach einem fla-

chen verkehrten Gewölbe gemauert. Das durchaus mit Cement gemachte Mauerwerk der Schleusen besteht unterhalb aus festem Kalchstein, und oberhalb aus festem Sandstein. Die Schleusen sind beynahe auf die nämliche Art construirt, wie die Schleusen auf dem Canal du Cintre Tab. 81. Fig. 6. 7., nur dafs ihr Fallboden kein hohles Gewölbe hat, sondern massiv ist *).

Das Fallschütz, welches mit den an den auf dem Canal du Centre liegenden Schleusen angebrachten und Seite 133 beschriebenen Fallschützen viel Aehnlichkeit hat, und die Horizontal-Röhren oder Durchgänge verschliefst, ist in Fig. 32. Tab. 128. dargestellt. Die Pfanne und der stählerne Zapfen des Durchständers ist nach Tab. 103. Fig. 10. eingerichtet. Jede Schleuse kostete etwa 60000 Franken. Die Canal-Brücken sind beynahe alle mit den Schleusen verbunden, und nach flachen Kreisbögen gewölbt; unter denselben geht der Ziehweg durch, und bey diese Vereinigung der Brücken mit den Schleusen ist viel erspart worden! Der unterirdische Canal und seine Schächte sind auf die Weise ausgeführt, wie dies Seite 62 beschrieben ist. Mehrere Schächte hat man nach der Zeit mit einem gothischen Gewölbe zugemauert. Die beschwerlichste Arbeit fand unter dem Croix du Bony statt, wo das Quellwasser stromweise durchdrang, und es mufste eine Dampf-Maschine angebracht werden, um dasselbe heraufzufördern. In der Mitte des unterirdischen Canals wurde anfänglich ein schmaler Graben eingesprengt, um das Bergwasser abzuführen. Das aus Kalchstein bestehende Material wurde, wie bey den gewöhnlichen Bergwerken, mittelst eines Pferdegöpels, in Kübeln heraufgefördert. Längs dem unterirdischen Canal geht ein auf Bögen ruhender Ziehweg.

§. 160. In *Frankreich* trifft man unter andern noch folgende Canäle an, oder ihre Ausführung ist doch beschlossen. 1) Der von *Belidor* §. 1091. beschriebene Canal der *Picardie* verbindet, von St. Quentin bis Chauny, die *Somme* mit der *Oise*. Er wird von dem ersten Flusse gespeifst und hat längs demselben zwey Schleusen, dann bis zur Oise sieben, also in allem 9 Schleusen (2. B. S. 117 — 223). Bey dem Bassin St. Simon sollte der 1725 angefangene Canal, längs der Somme, bis Amiens fortgesetzt werden, um eine Verbindung mit dem Ocean zu bilden. Die Schleusen haben 5, 8 bis 10 Fufs Fall. Die Ingenieurs Prefontaine, Charbise, Oudart und Balligant haben den Canal ausgeführt.

2) *Der Canal von Briare* vereinigt die Loire bey Briare mit dem Flusse Loing, welcher sieben Meilen unterhalb Montargis in die Seine fällt. Er ist in dem Jahre 1605 unter dem Ministerium von Sully angefangen, und 1642 unter Richelieu vollendet. Dessen Länge beträgt 28299 Klafter. Von der obern- oder Theilungs-Haltung bis zur Loire ist er 7448 Klafter lang, und hat 117 Fufs 9 Zoll 1 Linien Fall, der mit 13 einfachen Schleusen überstiegen wird. Die Theilungs-Haltung ist 3061 Klaf-

*) In Schulzens Beyträgen zur hydraulischen Architectur findet man auf Tab. 20. die Grundrisse und Durchschnitte dieser Schleusen.

ter lang. Sie erhält das Speisewasser durch 5 Leitgräben, deren Länge 19419 Klafte beträgt, und die ihr Wasser aus 16 verschiedenen Teichen ziehen. Von dieser fällt der Canal nach dem Flusse Loing 128′ 10″, auf die Länge von 17190 Klafter. Dieser Canalast hat 8 einfache, eine siebenfache, eine vierfache, eine dreyfache und drey doppelte Schleusen. Dessen Tiefe beträgt 2 ½ bis 4 Schuh. Zu Sommerszeiten wird die Schifffahrt, wegen Wassermangel, öfters unterbrochen. Für jede Füllung der 90′ langen und 13 ½ breiten Schleusen rechnet man 42 ½ Cubik-Klafter Wasser.

3) Der zweyte Verbindungs-Canal zwischen der Loire und dem Flusse Loing nimmt bey Orléans, an der Loire, seinen Anfang, und endigt unter Montargis, in den Loing-Fluſs. Dieser *canal von orléans* sowohl, als der vorhergehende, ist 25 — 30′ breit. Dessen Länge beträgt 37610 Klafter. Von der 9605 Klafter langen Theilungs-Haltung fällt derselbe 91 Schuh 11 Zoll 3 Linien auf die Länge von 13777 Klafter nach der Loire, und nach dem Loing-Flusse auf 14228 Klafter 128′ 10″. Jener Canalast hat 13, und dieser 17 einfache Schleusen. Dessen zwey Leitgräben haben eine Länge von 20312 Klafter, die dem Canal aus 13 Teichen das Wasser zuführen. Zwey davon ergieſsen sich nicht in jene obere Haltung, sondern das Wasser des Teiches Morche läuft in den nach der Loire fallenden Canalast, und der Teich Guèdy-Cens speiſst den nach dem Loing fallenden Canalast. Jede Schleuse ist 90 Fuſs lang, 13′ breit, und hat eine Fallmauer von 2′ 9″ Höhe.

4) *Der canal de Loing* ist im Jahre 1733 vollendet. Er verbindet die Canäle von Briare und Orléans, und dazu ist der Fluſs Loing benutzt worden. Dessen Länge beträgt 2743 Klafter. Er fällt nur nach einer Seite und zwar 128 Schuh, die auf 21 Schleusen vertheilt sind, worunter sich zwey gekuppelte befinden. Da der Fluſs Loing, welcher ihn speiſst, hinreichend Wasser führt, so bestehen die Seitenwände der Schleusenkammern, wovon eine vier Schiffe faſst, aus Erdböschungen, deren unterer Theil mit einem Steinpflaster gedeckt ist. Längs dem 5 Fuſs tiefen Canal laufen Nebengräben, welche die Berg-, Schnee- und Regenwasser seitwärts abführen. Unterhalb und oberhalb Nemours ist, längs dem Loing, ein Canal gezogen worden, weil die Schifffahrt auf diesem Flusse zu viele Beschwerden hatte.

5) Der noch nicht ganz vollendete *canal von ourcq* nimmt auch, ausser diesem Fluſs, das Wasser der Flüsse Beuvronne und Therouenne auf, welches er nach Paris führt, um zum Nutzen dieser Stadt zu dienen. Er soll zugleich für die kleinen Schiffe, von der Marne ab, eine Wasserstraſse bilden. Neunzehn Schleussn werden darauf angelegt. Der Oberingenieur Girard ist Director dieser wichtigen Unternehmung, die zwanzig Millionen Franken kosten soll, und die man mit dem Aisne-Fluſs, durch einen Canal, in Verbindung bringen will. Der Ingenieur Girard hat bey dem Canal von Ourcq eine sinnreiche Einrichtung anbringen wollen, von der ich nicht weiſs, ob sie ausgeführt ist; es sollen nämlich auch die kleinen Bäche, welche, mittelst heberartigen Durchlässen, unter den Canal durchgeführt werden, zuweilen in

den Canal eintreten. Dazu dient ein in dem Gewölbe des Durchlasses angebrachtes Muschel-Ventil, das sich öffnet, während man den Durchlafs am untern Ende mit einem Schütz verschliefst, so dafs dadurch das Wasser in den Canal eintritt. Man könnte also den Durchlafs, in dem nothwendig das Wasser ein wenig unter der Canalsohle stehen mufs, aus einer eisernen Röhre verfertigen, wodurch die Absicht mehr erleichtert werden würde, als wenn er gewölbt ist. Es mufs aber bey dieser Einrichtung, der unter den Canal durchgeführte Bach zwischen Dämmen eingeschlossen, oder tief genug im Erdreich eingeschnitten seyn, um nicht über zu treten, und um das Ventil aufstossen zu können. Die Geschwindigkeit des Wassers im Canal soll 13½ Zoll in der Secunde betragen; man hätte sie auch zu 2 Fufs annehmen können, ohne den Abbruch der Ufer oder der Canalsohle zu befürchten: denn ein schneller Lauf ist für das Trinkwasser, welches der Canal nach Paris führen soll, vortheilhaft.

6) An dem *canal von Bourgogne*, welcher den Doubs mit der Yonne verbinden soll, und worüber Perronet in seinen Oeuvres eine Beschreibung giebt, ist die erste Abtheilung vom Doubs bis zur Saone, die man eigentlich den *canal de Lône* nennt, fertig, und die ich 1800 befahren habe. Auch bey Dijon waren damals viele Schleusen vollendet, und 1807 ist die Schifffahrt von dieser Stadt bis zur Saone, mittelst 22 Schleusen, eröffnet worden. Bereits Riquet theilte darüber seine Ideen an Colbert mit. Abeille wollte seinen Theilungspunkt bey Pouilly anlegen, so auch Perronet und Chezy, die den Canal längs den Flüssen Ouche, Brame und Armançon führen wollten. Von der Saone oder St. Jean-de-Losne bis Brisson, an dem schiffbahren Flusse Armançon, wird er eine Länge von 50 Lieues erhalten, und von 1812 an sollen sich die Kosten auf 20 Millionen belaufen. Bis jetzt ist indessen der Theilungspunkt noch nicht fest bestimmt worden. Der General-Inspector *Liard* führt die Direction, und unter ihm arbeiten die Ober-Ingenieure Forey und Plagniol.

7) Der von St. Omer nach Calais 1681 angelegte Canal von 11 Lieues Länge, ist nicht nur ein Schifffahrts-, sondern auch ein Austrocknungs-Canal.

8) Auch zwischen St. Omer und Aire befindet sich ein Canal, auf dem die Schleuse *des Gardes* besonders merkwürdig ist, weil sie den Aaflufs durchläfst. Seine Fortsetznng geht bis zur *Lys*; von diesem Flufs bey Varneton geht ein Canal bis Douay an der Scarpe, und von Douay nach Bouchain an der Schelde, so dafs diese Canäle mit den Canälen der Picardie und St. Quentin eine fortlaufende Wasserstrafse bilden.

9) Von Mons nach Condé ist die Ziehung eines Canals vor einigen Jahren beschlossen, eben so wie 10) des Canals von *Sedan*, zwischen der obern und untern Maas, und 11) des Canals *des salines*; dieser letztere soll von Dieuze bis zur Sarre gehen, und dessen Länge soll 12 Lieues betragen.

12) Der Canal *des Landes* soll die Flüsse Adour und Garonne vereinigen, und sich bey Bayonne endigen. Er wird mehrere Landseen oder Teiche verbinden, und längs dem Meer hinlaufen.

13) Auch die Flüsse Vilaine und Rance sollen in schifffahrtsfähiger Verbindung gebracht werden.

14) Von Nantes sollte vor 1813 ein Canal angefangen werden; er würde 200 Stunden lang seyn, bis Brest gehen und 200 Schleusen erhalten.

15) Der *Canal Napoléon*, welcher den Doubs oder den Canal von St. Jean-de-Lônes mit dem Rhein in Verbindung bringen sollte, war 1812 begonnen. Er sollte von Lôsne, längs dem Doubs-Flusse, bis Montbeillard gehn, von da nach der Ill, über die er unter Altkirch hinlaufen, und bey Mühlhausen, Markolsheim nach Strafsburg fortgehen würde. Ein Canalarm sollte von Mühlhausen nach Basel führen.

§. 161. *Die Canäle Hollands* sind ohne Zahl, und die Kupfer Tab. 39. bis 46. geben davon die befste Uebersicht. Fast alle sind von ihrem Anfange bis zum Ende in gleichem Niveau geführt worden.

§. 162. Auch in *Italien* treffen wir mehrere Canäle an, die auf allen Special-Karten angegeben sind, aber keine Schwierigkeiten in der Ausführung hatten; es fehlen davon genaue Beschreibungen, eben so, wie von den *Canälen in Preufsen, Sachsen* und dem *oesterreichischen Kaiserstaat*, der zwey Canäle, nämlich den die Theis mis der Donau vereinigenden Canal, und den ohnweit Oedenburg nach Wien führenden Canal aufzuweisen hat. Preufsen geniefst durch seine Seite 6 erwähnten Canäle den grofsen Vortheil der Schifffahrt von der Elbe bis in die Weichsel.

§. 163. In keinem Lande sind aber so viele Canäle in so kurzer Zeit, als in *England*, angelegt worden. Die Themse ist mit der Trent, dieser Flufs mit der Stour; die Irrländisch Seen mit der Nordsee dadurch verbunden; und so haben die Canäle von Liverpool, Bridgewater, von der Mersey nach der Trent und die übrigen Canäle eine Länge von 500 Meilen. Canäle, die in Hogrew's Beschreibung der in England seit 1759 angelegten Canäle, und in Philipps: History of inland navigation gröfsten Theils beschrieben sind.

§. 164. *In Rufsland sind folgende Canäle theils vollendet oder entworfen, wie die in russischer Sprache herausgekommene hydrographische Karte dieses Reiches zeigt.*

1) Der gröfste und wichtigste von dem unter *Peter dem Grofsen* von dem Feldmarschall *Munich* 1718 angefangene Canal geht von Schlüsselburg nach Neu-Ladoga, längs dem See Ladoga, zur Vermeidung der gefährlichen Fahrt auf diesem grofsen Landsee, und er heifst der Ladogaische Canal. Dessen Länge beträgt funfzehn Meilen, dessen Breite ist 70, die Tiefe 8 bis 11 Fufs; er hat 16 Auslafs-Schleusen, um sein überflüssiges, von mehreren Flüssen eingenommenes Wasser in den Ladogasee abzulassen, die durch eben so viele Schleusen in den Canal eintreten, unter welchem man sie wegen der Lage dieses Sees nicht durchführen konnte. Am Anfange und Ende dieses Canals liegt eine grofse, mit drey Oeffnungen versehene Schleuse, wie bey Gouda 2. B. S. 708. *Münich* fand viele Hindernisse in den Cabalen einiger Grofsen, und der Kaiser brauhte

nach einer örtlichen Untersuchung, alle Kraft seines Charakters, um diese Unternehmung in Wirksamkeit zu setzen. Bis 1731 war der Canal von Schlüsselburg bis zum Flusse Nassia vollendet; die Fortsetzung wurde erst 1766 angefangen und 1801 beendigt. 2) Dieser Canal wird bis zum Flusse *Swir* seit 1802 fortgesetzt. 3) Mit ihm steht die Schifffahrt, längs dem *Onega-See*, in Verbindung, und es ist daher 4) von dem Flusse *Swir* bis zu dem Flusse *Witegra* ein Canal, längs diesem See, zu führen beschlossen worden. 5) An der Finnländischen Gränze will man mehrere Landseen, mittels vier Canäle, verbinden; dieselben heifsen *a*) der *Telataipolische; b*) der *Kuchontaipolische; c*) der *Kiafkinische* und *d*) der *Kutwelentaipolische Canal.* 6) Der *Marien-Canal* dient zur Vereinigung der Flüsse Kowscha und Witegra; er eröffnet einen neuen Weg aus der Wolga nach Petersburg. Er ist im Jahre 1799 angefangen, und 1801 beendigt worden. 7) Ein anderer Canal, der den Flufs *Schecksna* mit dem *Kübenskischen* See verbindet, wird eine Wasserstrafse von dem Flusse, die nördliche *Dwina* genannt, nach Petersburg ausmachen. 8) Dieser Flufs wird mit einem andern, Namens *Kama*, durch einen neuen Canal vereiniget werden. 9) Der um den Ilmen-See gehende *Novgorodskische* Canal sollte im Jahre 1802 angefangen, und 1804 beendigt seyn. 10) Zur Vereinigung der Flüsse *Gawia* und der westlichen *Dwina* ist schon im Jahre 1797 die Anlegung eines Canals beschlossen worden.

Zu der grofsen Verbindung der Hauptflüsse Rufslands gehört: *a*) der Beresinische Canal, welcher die westliche Dwina mit dem Dniper vereinigen wird, im Jahre 1797 angefangen ist, und 1805 beendigt seyn sollte. *b*) Der entworfene Canal, zwischen den Flüssen Neweza und der westlichen Dwina. *c*) Der Canal, welcher diesen letztern Flufs mit der Lowatja vereinigen soll. *d*) Die Vereinigung des Dniepers mit den Niemen ist im Jahre 1802, mittelst des Oginskischen Canals, beendigt worden. *e)* Damit man die Dnieprowschen Wasserfälle auf dem Dnieper passiren kann, so sollen, längs denselben Schifffahrts-Schleusen angelegt werden. *f)* Die wichtige Verbindung der Wolga mit dem Dnieper soll, mittelst Vereinigung der Flüsse Dessna und Oka, bewerkstelliget werden. *g*) Auch soll der ehemalige Iwanische Canal, welcher verlassen war, der die Flüsse Oka und Don verbindet, wieder gereinigt und zur bequemen Schifffahrt eingerichtet werden. *h*) Es sollten auch noch die Flüsse Ilowla, Kaminschenka und Zna schiffbahr gemacht werden, um die Wolga mit den Don zu verbinden; die beyden letzten Entwürfe dürften wohl schwerlich ausgeführt werden.

Merkwürdig bleibt es: dafs der Bau an dem sogenannten *Königlichen-Canal*, der den westlichen *Bug* mit dem *Dnieper* vereinigen sollte, gänzlich eingestellt ist.

Beschreibung des Canals von Trollhätta in Schweden. Tab. 92.

§. 164. Dieser Canal hat seines wunderbaren und hohen Interesse erregenden Locals wegen die Aufmerksamkeit aller Freunde von Canälen auf sich gezogen. Der

Fluſs *Götha - Elf*, aus dem *Wenner - See* nach *Gothenburg* strömend, hat mehrere Wasserfälle in seinem Bette, welche die Kunst für die Schifffahrt unschädlich zu machen wuſste; die Regierung von Schweden bewies durch diese Anlagen, welchen hohen Werth sie auf die innern Communicationen legte. Unterhalb dem genannten See, sind die ersten *Fälle*, mittelst des Canals *Karlsgraf*, ausgewichen. Darin liegen jetzt zwey Schleusen, jede von 9′ Fall und 36 Fuſs Breite, und zwar auf derselben Stelle bey *Bringebergs-Culle*, wo sonst die *Gustavschleuse*, welche 18 Fuſs Fall hatte, lag. Zwischen *Gothenburg* und *Karlsgraf* sind noch drey Hauptfälle, nämlich der von *Lilla-Edet*, der *Anckersström* - und *Trollhätta-Fall*. Zur Umgehung des ersten Falles hat man die 10 Fuſs hohe und 22′ Breite Schleuse von *Edet* angelegt. Bey Ankersström ist die *Gustav-Adolph-Schleuse* mit drey Fuſs Fall unmittelbar in dem Flusse erbaut, und die Wasserfälle von *Trollhätta* sind mit dem Canal, welchen wir jetzt näher kennen lernen wollen, umgangen. Sie sperrten alle Wasserfahrt, indem sie zusammen die Höhe von 112 Schuh ausmachen. Der oberste Fall *A* wird von einer mit Wald bedeckten Insel in zwey Hauptstürze getrennt. Er heiſst der *Güll - Insel - Fall.* Der zweyte *B* besteht gleichfalls aus zwey nebeneinander liegenden Abtstürzen, zwischen denen ein Fels liegt, welcher die *Dopp - Insel* heiſst, die etwa 60′ hoch ist, und wegen des tobenden Wassersturzes von keinem menschlichen Fuſs betreten wurde. Ueber den erstern Fall gleitet das Wasser allmählig weg; der zweyte hingegen ist ein fürchterlicher Wassersturz, der seine Staubwolken in die Luft spritzt. Der dritte Fall *C* heiſst der *Stampsstrom*, und die Fälle *D* werden die *Höllenfälle* (Helvetes-Fallen) genannt. Sie verursachen ein schreckliches Toben, welches man schon in der Ferne hört.

§. 165. Ehemals lief von dem auf kahlen Granitmassen und Klippen liegendem Dorfe *Trollhätta* ein in Felsen ausgesprengter Fahrweg, und nicht weit davon fing der eigentliche Holzweg *ff* (Tab. 92.) an, welcher über die Felsen von einer Länge zu 4000 Schuh, mit einer Breite von 15 Fuſs fortlief, und für dessen Gebrauch der Krone eine bedeutende Abgabe erlegt werden muſste.

Man hatte schon längst den Wunsch gehegt, diese Wasserfälle mit einer Canalfahrt und mit Schleusen zu umgehen, bis endlich den sonst geschickten Mathematikern *Elvius* und *Pollhelm* der Auftrag ertheilt wurde: ihre Vorschläge zu machen, die man auch annahm, und mit deren Ausführung sie, in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, den Anfang machten. Drey Verbindungs - oder Seitencanäle *K*, *L* und *M N* sollten dazu dienen, um aus einer horizontalen Wasserfläche in die andere zu fahren. Es wurde daher bey *O* ein Steindamm (Kafvredam) aufgeführt, der noch jetzt steht, und der nach *P* zu, den Abfluſs aus dem *Wennersee* hindert, folglich daselbst ein Bassin bildet. An dem Anfange des Canals *K* wurde eine Schleuse von 28 Schuh Fall in den Felsen eingeschnitten und nach dem Reichsrath Graf *Ekeblad* benannt. Die zweyte Schleuse wurde am Ende des Canals *L* gelegt, und erhielt den beyspiellosen Fall von

56 Schuh, die *Pollhelm* nach seinen Namen benannte. Dieser Canal ist gröfstentheils in Felsen ausgehauen, und hat im obern Theil ein viereckigtes Bassin, welches mit dem *Ham-Hafen G*, vor dem ein Wehrdamm liegt, der auf schwedisch *Hakanshamn* heifst, in Verbindung steht. Jetzt kam es nun darauf an, die *Höllenfälse D* und die Wasserfläche *H*, *Hoyomsvarp* genannt, zu passiren. Es mufste sonach von *E* bis *L* das Wasser zum wagerechten Stande aufgestaut werden. Um diesen zu erreichen, legte man bey *E* einen Damm von Felsstücken an, *Flottbergsdammen* genannt, und machte bey *M N* eine Aussprengung für den Canal, worin eine Schleuse zu 28 Fufs Fall angelegt werden sollte, die man nach dem Mathematiker *Elvius* benannte. Auf diese Weise wollte man den Fall von 112 Schuh überwinden. Da die Thore dieser Schleusen zu hoch und schwer geworden wären, so liefs Pollhelm über dem untern Thore die Felswand, an der Schleuse, so weit es die Wasserhöhe und die Passage zuliefs, stehn, und von demselben ab einen Stollen durchsprengen, der bey der Schleuse von *Pollhelm* 161 Fufs lang ist, woran eben dieses Thor anliegt. Die Schleusen *Pollhelm* und *Ekeblad* waren bis zum Einhängen der Thore fertig, die vom *Elvius* wurde aber nicht vollendet, da der Wehrdamm *E*, von dem hoch aufgestauten Wasser, durchbrochen wurde, als kurz vorher der König noch auf demselben gestanden hatte. Jetzt wollte *Pollhelm*, den Ausflufs des Wennersees nach Trollhätta abdämmen, um die Verdämmung *E* im Trockenen machen zu können. Nach seiner Berechnung würde dieser See, während diesen Arbeiten, für die daran liegenden Ufer nicht zu hoch aufgestaut worden seyn. Doch dieser Vorschlag schien zu gewagt, und so beruhte denn die ganze Sache bis ins Jahr 1755. In der That setzte der hohe Fall dieser Schleusen, der Umstand: dafs die Mündung *M* des Canals *M N* der Abdämmung *E* zu nahe zu liegen kam: so wie ihre grofse Höhe, und endlich dafs die Felsen, worin sie ausgehauen wurden, Klüfte und Risse hatten, einer sichern Wasserfahrt unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Man verliefs daher diesen ganzen Plan, und der Ingenieur *Thunberg* entwarf einen zweckmäfsigern, welcher darin bestand: den Canal von dem Dorfe *Trollhätta* nach den *Akers-See Q*, dann nördlich der jetzigen Canallinie, in das *Akers-Thal S* zu führen, wobey aber mehrere Schleusen, in Aufdämmungen gelegt werden sollen. Im Jahre 1793 ertheilte der König einer Compagnie das Privilegium, zur Anlage des Canals; die Städte *Stockholm*, *Gothenburg* und *Christiansham* schossen die Summe von 765200 Reichsthalern zusammen. Die erstere Stadt gab 346400; die zweyte 325000, und die letzte 93800 Rthlr. Dieser Plan des *Thunberg* ist aber nicht ganz befolgt, indem, wie gesagt, eine andere Canallinie gewählt wurde.

Man trug nun das ganze Geschäft dem Director *Nordwall* und den Mechanici *Schweder* und *Eurenius* auf: diese wählten die auf der Karte 92. bezeichnete Canallinie und neun Schleusen. Es sollten nämlich sechs Schleusen in dem Felsenberge *R* (Akersfelsen) und drey in dem *Akersthal S* angelegt werden, wie sie in den

Profilen auf Tab. 92. bezeichnet sind. Hieraus sieht man, dafs die untern drey Schleusen frey auf den Boden gegründet wurden, und vier von den obern gröfstentheils aus den Felsen gehauen werden mufsten. Von acht Schleusen sollte jede $12\frac{1}{2}$ und eine 12 Schuh Fall erhalten. Man war jedoch nicht einig: ob die Schleusen, wie das Profil 4. zeigt, weiter in das Thal hinein treten, oder nach Fig. III. mehr in den Felsberg zurückgelegt werden sollten. Auch die Aufdämmung, welche in den Profilen 5, 6 und 7 dargestellt ist, und die in dem *Akers-Thal* gemacht werden mufste, wollte man entweder nach Fig. 8. oder nach Fig. 2. verlängern oder verkürzen. Endlich kam man dahin überein: nur acht Schleusen anzulegen, und einer jeden 14 Fufs Fall zu geben, wie sie auf Tab. 99. dargestellt sind. Ihre Breite beträgt 22 Schuh, und ihre Länge von dem untern Thor bis zur Fallmauer 110 Fufs. Die aus Werkstücken und Bruchsteinen mit Cement gemauerten Seitenwände sind acht Schuh dick. Wie der Raum aus den Felsen gehauen ist, zeigen die Profile Tab. 92. Fig. 9 und 10. Die Tiefe des *Akers-See* ist in Fig. 4. dargestellt, und die Aufdämmung so wie die Construction der im *Akers-Thal* befindlichen Canalstrecke, dies ist in den Profilen Fig. 5. 6 und 7. deutlich dargestellt.

Der Canal fängt bey dem Dorfe *Trollhätta*, und zwar in der Nähe des *Cafvredamms o* an, und hat, bis zum *Aker-See*, eine Länge von 6600 Fufs; dessen Breite beträgt leider nur 22, und dessen Tiefe 10 Fufs. Derselbe ist 1794 angefangen, und am 14. August 1800 vollendet. Er hat nur die Summe von 382600 Reichsthaler gekostet, weil der König ein Regiment Soldaten und Mineurs zur Arbeit hergab, wodurch die Unternehmung sehr befördert worden ist. Die Cubik-Toise kostete der Gesellschaft $6\frac{1}{3}$ Reichsthaler. Ein Mineur mufste 8 Fufs des Tages bohren, wofür er $\frac{1}{2}$ Reichsthaler erhielt. Man mufs sich verwundern: dafs diesem wichtigen Canal eine so geringe Breite gegeben wurde, und man sagt: dafs *Gothenburg* diese fehlerhafte Dimension deswegen durchzusetzen gesucht hat, um die Waaren aus den kleinen Schiffen bey sich umladen zu machen, und dadurch ein sicheres *Stapelrecht* zu erhalten! Wenn gleich die ältern Schleusen nur 22 Fufs breit waren, folglich die Schiffe nur 21 Fufs weit seyn konnten, so hätte man doch dem Canal wenigstens eine Breite von 84 Fufs geben müssen, (nach der §. 31. aufgestellten Regel 105'), um den Schiffen eine solche Breite zu geben, mit welcher sie durch die Schleusen gehen, und bequem im Canal fortgezogen werden können.

Beschreibung des Hollsteinschen-Canals.

§. 166. *Dieser durch Hollstein gehende, die Ostsee mit der Nordsee verbindende, 1777 angefangene und 1785 vollendete Canal* ist uns seiner Nützlichkeit und trefflichen Ausführung wegen wichtig. *Dänemark* verdankt ihn vorzüglich dem verstorbenen Minister *Bernsdorff*; nach diesem mehreren Patrioten und den Ingenieur-Generalen *Payman* und *Wegner*. Er nimmt seinen Anfang in dem Seebusen *Kieler-*

Förd, eine halbe Meile von *Kiel*. In drey Schleusen, die Holtenaher, Knoper- und Rothmansdorfer, jede von 9 Fuſs 2 Zoll Fall, steigen die Schiffe bis zur Obern- oder Theilungshaltung, die ihr Wasser aus dem *Flemhuder-See* erhält, der 27 Fuſs über die Oberfläche der *Ostsee* liegt. Am entgegen gesetzten Ende dieser Haltung liegt die *Königsförder-*, dann die *Cluvensicker-Schleuse*: jede von 8 Schuh Fall. Endlich trift man bey Rendsburg die letzte oder *Rendsburger-Schleuse*. Dieselbe hat bey ordinärer Fluth 5, bey der Ebbe 7 $\frac{1}{2}$ Fuſs Fall; folglich liegt die *Eyder* bey Rendsburg, während der Ebbe, 6 Fuſs 6 Zoll, und während der Fluth 4 Fuſs höher, als die *Ostsee*. Der Canal hat eine Breite von 96 Fuſs in der Oberfläche; auf der Sohle von 56 Fuſs, und eine Tiefe von 10 $\frac{1}{2}$ Fuſs. Dessen Länge beträgt 5 $\frac{1}{4}$ Meilen. Da aus der Theilungshaltung eine bedeutende Wassermasse nach beyden Canalästen abflieſst; so war es nothwendig, für ihre unschädliche Ableitung zu sorgen. Die östlichen 3 Schleusen, wovon eine im 2. B. S. 721. beschrieben ist, erhielten daher eine Ablaſs-Schleuse. In dem westlichen Canalaste muſste gleichfalls mehr Wasser abflieſsen, als die Schifffahrt bedurfte, um die Mühlen zu *Rendsburg* im Gange zu erhalten: es wurden daher oberhalb der *Königsförder-Schleuse* zwey Grundablässe in der nördlichen Canalwand gelegt, die das Wasser in das alte Bett der Eyder führen. Aus diesem ergieſst es sich dann wieder unter der *Cluvensicker-Schleuse* durch einen Einlaſs in den Canal oder in das verbesserte Bett der *Eyder*, welches hier den Canal bildet. Bey *Rendsburg* ist nördlich eine kurze Canalstrecke, worin die letzte Kammerschleuse liegt, und wo ein Bassin gegraben ist, um den Fall der Mühlen zu übersteigen. Dieser Canal ist fast beständig in das Terrain, welches oben aus lockerem Erdreich, tiefer aus Lehm und Kieseln besteht, eingeschnitten. Die Regen- und Schneegewässer sind längs den 18 Schuh breiten Ziehwegen in die Sammelgräben geleitet, und wo es nothwendig war, unter dem Canal durchgeführt.

Ueber die Anlage des Canals, welcher die Weser mit der Elbe in Verbindung bringen kann, und der von Zelle bis Magdeburg anzulegen ist. Siehe die Karte Tab. 128.

§. 167. Die Vereinigung der *Elbe* und *Weser* gehört zu den nützlichsten und gröſsten Unternehmungen unsrer Zeit: denn dieselbe kann den Absatz des Getreides aus den kornreichen Gegenden zwischen Braunschweig, Magdeburg und Tangermünde nach Zelle, Bremen und Holland befördern, den Ankauf des Holzes in Magdeburg und zu den Salinen an der Saale sehr erleichtern, zugleich aber den Handel mit fremden Ländern und den Hauptstädten Norddeutschlands erweitern. Dieser Canal bringt Cassel, Bremen, Zelle, Hannover mit Magdeburg; Berlin, Danzig, Petersburg, Warschau, Dresden, Hamburg, Halle, Naumburg und mehrere Handelsplätze in unmittelbare schifffahrtsfähige Verbindung. Mit Hülfe desselben kann künftig das Salz von der Saale nach Bremen, Holland und Oldenburg geführt werden, ohne den groſsen

Umweg über Hamburg zu machen, und es werden nicht mehr für das Holz zu den Salinen jährlich so grofse Summen verwendet werden dürfen. Man wird es aus dem Drömmling *) und den Gegenden der Aller für ein Viertheil des jetzigen Preises erhalten. Dieser Canal kann den von Leipzig nach Berlin, Danzig, Königsberg, Holland und England gehenden Waaren einen leichtern und kürzern Weg eröffnen, indem sie nur einige Meilen (bis zur Saale) auf der Axe transportirt werden dürfen. Ja, man könnte mit geringen Kosten von der Saale bis Leipzig, längs der Pleisse und Elster einen Canal ziehen. **) Jener Canal wird ferner einen grofsen Landes-Bezirk austrocknen und seine Speise-Canäle (Rigoles) werden ausgedehnte Wiesenbezirke bewässern. Wird zugleich die *Ocker* von *Braunschweig* an bis zu diesem Canal, d. i. bis zum Allerflusse schiffbahr gemacht: so kömmt auch dieser Handelsplatz mit der Elbe, Weser und Weichsel, durch Wasserstrafsen in Verbindung. Mehr über desselben Vortheile zu sagen, ist überflüssig, da sie jeder Staatsmann zu würdigen wissen wird.

Den 12. Juny 1808 erhielt ich von dem Finanz-Minister Freyherrn von *Bülow*, der mit grofser Einsicht und rastloser Thätigkeit alles umfafste, was zum Gedeihen der öffentlichen Wohlfahrt des damaligen Königreichs Westphalen beytragen konnte, ein Schreiben, worin ich zum Entwurf und zur Ausführung eines zwischen der Elbe und Weser anzulegenden Canals eingeladen wurde. *Seine Majestät der König*, mein allergnädigster Herr, ertheilte mir die Erlaubnifs, zur Unternehmung dieses wichtigen Geschäftes, und als die Gewässer alle niedrig standen, reiste ich im Oktober 1808 zur Untersuchung des Locals ab. Diese ward mir aufserordentlich dadurch erleichtert, dafs ich sehr genaue Karten derjenigen Gegenden, durch welche der Canal gezogen werden konnte, vorfand; denn die preufsischen, braunschweigischen und hannöverischen Regierungen haben in der letzten Zeit ihre Länder und Flüsse mit rühmlicher Sorgfalt aufnehmen lassen. Ich habe blos eine General-Karte behalten,

*) Der Drömling war ehemals ein, mehrere Quadrat-Meilen einnehmender, Morast, den *Friedrich der Grofse*, der vielleicht mehr Austrocknungen machen liefs, als in den letzten zwey Jahrhunderten in Europa bewerkstelligt worden sind, auf Staatskosten trocken legte; zu welchem Ende grofse Austrocknungscanäle ausgehoben wurden, unter denen der Friedrich-Wilhelms und der Fang-Graben (Tab. 128.) die gröfsten sind. Zur Unterhaltung dieser grofsen Austrocknung mufsten, von den umliegenden Gegenden, den neuen Colonien und Höfen, jährlich 6000 Rthlr. beygetragen werden, und es besteht defswegen eine besondere Verordnung, unter der Benennung: Reglement wegen Unterhaltung der Drömlings-Meliorationswerke, bey Decker 1805.

**) Ich überlasse es dem Leipziger Handelsstand: die aus diesem Vorschlage für ihre Stadt hervorgehenden Vortheile zu berechnen; wahrscheinlich würde man, nach dessen Ausführung, in Leipzig alles Brennmaterial um 2/3 wohlfeiler, als gegenwärtig erhalten. Auch scheint die Verbesserung und Vervielfältigung der Land- und Wassercommunicationen im nördlichen Deutschland, vom gegenwärtigen Bedürfnifs ganz besonders in Anspruch genommen zu werden.

von welcher ich den Auszug in Tab. 128. liefere. Alle Special-Karten wurden dem Finanz-Ministerium in Cassel, mit meinem Vorschlage, übergeben.

Ich werde diesen generellen Entwurf zur Anlage des Canals deſswegen in der Kürze abfassen können, weil ich mich darin auf die bereits vorgetragenen Maximen der Canalbaukunde beziehen kann.

Wenn man die Topographie der Gegenden zwischen der *Weser* und *Elbe* kennt, so bietet sich die Möglichkeit zweyer schifffahrtsfähigen Wasserverbindungen dieser zwey Flüsse von selbst dar. 1) Die eine kann von der Saale, unweit Bernburg, abgehen, die Bode mit der Wipper (zwischen Straſsfuhrt und Ilmerstädt) vereinigen, längs der Bode bis Rotenförde fortlaufen, dann diesen Fluſs rechts lassen, und bey Egeln den *Bruchgraben* treffen, diesen mit einigen Abweichungen bis zur Ilse und Ocker verfolgen, von wo man diesen letzten Fluſs bis zur Aller und diese bis Zelle schiffbahr machen müſste. 2) Die zweyte Verbindung kann von der Elbe unterhalb Magdeburg, mittelst eines Canals bis Volmirstädt, angehen, die Ohre bis oberhalb Calvörde verfolgen, welche mittelst eines durch den Drömling zu führenden Canals mit der Aller, die man bis Zelle schiffbahr machen muſs, zu verbinden ist.

Die erste Idee steht der zweyten aus folgenden Gründen weit nach, und ich kann daher ihre Ausführung nicht anrathen. 1) Müſste der Canal des Bruchgrabens von der Ilse und der Ocker gespeiſst werden, wodurch die Mühlen zu Wolfenbüttel, Braunschweig und weiter abwärts, während den Sommermonaten, ihr Wasser gröſsten Theils verlören, und wodurch diesen zwey Städten ein groſser Schaden zugienge. 2) Ist die Ocker als ein Gebirgswasser, während des Sommers, oberhalb Hornreburg, sehr seichte und wasserarm; sie führt bey heftigen Regengüssen eine Menge Material, womit der Canal in Kurzem angeschwemmt seyn würde. 3) Ist diese Verbindung in staatswirthschaftlicher Rücksicht bey weitem nicht so vortheilhaft, als die durch den Drömling, weil man, um von diesem Canal bis zum Plauen'schen-Canal, das ist bis zu der mitten durch das Königreich Preuſsen über Brandenburg nach der *Oder* und *Weichsel* gehenden groſsen Wasserstraſse zu gelangen, erst vier Meilen auf der Saale und dann zehn Meilen auf der Elbe zurücklegen müſste. Die Wasserstraſse von der *Ohre* bis zur Elbe bey der Einmündung des Plauenschen-Canals beträgt hingegen nur zwey Meilen. 4) Könnte auf dem von der Saale über Braunschweig gehenden Canal das Holz aus den Gegenden des Drömlings nach der Saale und Elbe nicht mit solchem Vortheil, als auf dem nach Magdeburg gehenden transportirt werden. 5) Verursacht derselbe, von Bremen bis zum Plauenschen-Canal gerechnet, einen 29 Stunden längern Weg, als der durch den Drömling anzulegende Canal. 6) Würde derselbe zur Entwässerung der längs der *Aller* und *Ocker* liegenden Gegenden, so wie zur bessern Benutzung derer zwischen Uelseu, Giffhorn, Wolmirstädt und Stendal und im Drömling liegenden Waldungen nichts beytragen, und endlich würde dieser über *Braunschweig* gehende Canal, wenigstens acht Schleusen mehr, als der

durch den *Drömling*, erfordern. Ich werde mich daher hier auf die Anlage des letztern beschränken.

Der Entwurf dazu zerfällt in die Vorschläge: 1) von der Anlegung des Canals zwischen *Magdeburg* und der *Ohre*; 2) von der Schiffbahrmachung dieses Flusses; 3) von der Vereinigung der *Aller* und der *Ohre*, vermittelst eines Canals, und 4) von der Schiffbahrmachung des *Aller-Flusses* bis unterhalb *Zelle.*

I) Die Ziehung eines Schifffahrts-Canals von dem Ohre-Fluſs bey Wolmirstädt bis Magdeburg ist nützlich *a)* weil der Canal diese Festung mit Bremen in Verbindung bringt, und die Wasserstraſse von Halle, oder auch, wenn man will, von der von Leipzig nach Bremen zuführenden Wasserstraſse, eine Abtheilung bildet; *b)* weil auf demselben eine bequemere und sichere Fahrt, von Magdeburg nach dem Plauenschen-Canal, als die jetzige auf der Elbe, eröffnet wird. Dieser Canal sollte zum Gebrauch der groſsen Elbschiffe eine Breite von 90, und eine Tiefe von sieben rheinländischen Schuhen erhalten; gegen die Hochgewässer der Elbe, seiner ganzen Länge nach, von einem drey Schuh darüber anzulegenden Damm geschützt werden. Da die Elbe bey Magdeburg höher als die Ohre bey Wolmirstädt liegt, so wird sie den Canal mit Wasser versorgen. Zur Erreichung dieses Zweckes, das ist, um Herr über die darin einzulassende Wassermasse zu seyn, und damit die Schiffe aus der Elbe in die Ohre fallen, aus dieser in jenen Fluſs bey Magdeburg steigen, so wird bey des Canals Einmündung in die Elbe eine Kammerschleuse (unterhalb Magdeburg) und, ohnweit Wolmirstädt, eine zweyte Schleuse, nothwendig. Damit diese Schleusen auch beym niedrigsten Wasserstande benutzt werden können, so ist ihr Boden sieben Schuh tief unter demselben zu legen.

Die groſse Breite dieses Canals und seine gerade Bahn wird es zulassen, daſs die darauf gehenden Schiffe bey günstigem Winde segeln.

II. Die Schiffbahrmachung des Ohre-Flusses von Wolmirstädt bis zu seinem Eintritt in die Elbe kann, vermittelst der wenig Kosten verursachenden Geradeleitung *a b*, s. die Karte T. 128., und einiger Aushebungen bewerkstelligt werden, und dessen Breite sollte, zur Bequemlichkeit der Schifffahrt, 50 Fuſs, dessen Tiefe 7′ betragen; da man aus der Elbe bey Magdeburg durch den entworfenen Canal die zu seiner Füllung nöthigen Wassermasse ableiten kann, so kann es hier nie an Wasser fehlen. Verfolgt man von *Wolmirstädt* aufwärts den Lauf der *Ohre*, bis da, wo der zwischen diesem Flusse und der Aller anzulegende, Canal (bey B) angeht: so trifft man zuerst bey Wolmirstädt eine Mühle, dann bey Garsleben zwey Mühlen, bey Hillersleben und Neuhaldesleben eine Mühle an, welche Mühlen mit vier von mir auf den Special-Karten angegebenen, und zu 24 Fuſs breit zu machenden Seiten-Canälen und eben so vielen Kammerschleusen umgangen werden müssen, um sie beyzubehalten; der Fall der ersten Mühle beträgt (in Calemberger oder Baierischem Maaſs) 3′ 2″, der Herrn-Mühle bey Garsleben 3′ 6″ und der Mittel-Mühle daselbst 3′ 4″ (beyde Mühlen

werden mit einer Schleuse umgangen), der Hillersleber-Mühle 4′ 8″, und der Neuhaldesleber-Mühle 5′ 3″. Nach diesen Abfällen richtet sich also der Fall der vier Kammerschleusen. Die Ohre hat eine Breite von 30 bis 50 Fufs, und beym niedrigsten Wasserstande eine mittlere Tiefe von $1\frac{1}{2}$ Schuh; besonders trifft man bey den Durchfuhrten die seichten Stellen an. Unterhalb dem Fanggraben, als dieser bey meiner Untersuchung am 25. Oktober 1808 ganz trocken war, und die Ohre vier Zoll über ihr niedrigstes Wasser stand, lieferte sie 39,4188 Cubikschuh; ihre Geschwindigkeit betrug 1 bis 1,07 Fufs in der Secunde. In denjenigen Monaten, wo die Schifffahrt gehen kann, beträgt die mittlere Tiefe dieses Flusses 3 Schuh. Derselbe mufs demnach zu einer mittlern Breite von 36 Schuh, und zu einer Tiefe von fünf Schuh (beym niedrigsten Wasserstande) ausgehoben und regulirt werden. Besonders trifft man zwischen Calvörde und Neuhaldensleben mehrere seichte und weite Flufs-Bezirke an; diese müssen also mit Faschinen-Böschungswerken auf 36 Schuh beschränkt werden. Damit aber die hinreichende Fahrtiefe erhalten wird, so mufs man unweit den Dörfern Udmeden oder Dezel einen Schiffsdurchlafs, der mit Balken zu verschliefsen ist, oder wenn die Kosten dazu hergegeben werden, eine Kammerschleuse anlegen, um damit das Wasser zu der erforderlichen Höhe zurückzuhalten.

Da sowohl auf der Ohre als Aller viele Durchfuhrten statt finden, die man absichtlich erhöhte, und die sich auch selbst durch das Abfahren der Ufer erhöhen, bey der schifffahrtsfähigen Wassertiefe nicht mehr statt finden können: so müssen die Gemeinden hier Brücken erbauen.

Zur Austiefung des Ohre-Flusses wird es nothwendig, denselben nach und nach mit Queerpfahlwänden abzudämmen, um mit Oeconomie die Aushebungen bewerkstelligen zu können; unter andern wird eine solche Abdammung zwischen Wiglitz und der Horschmühle statt finden müssen.

III. Die Vereinigung der Ohre mit der Aller, mittelst eines Schifffahrts-Canals, ist der schwierigste Theil der Unternehmung. Als ich im Oktober 1808 das Local des Theilungspunktes und der obern Aller untersuchte, hatte der Graf von *Schulenburg-Wolffsburg*, ein eben so würdiger Patriot, als einsichtsvoller Geschäftsmann und thätiger Oeconom, die Güte: mich mit seiner Localkenntnifs bey Aufsuchung der Speisegewässer zu unterstützen und zu begleiten.

Dieser Canal bildet zugleich die Theilungshaltung für dessen östliche Fortsetzung nach Calvoerde bis Neuhaldensleben, wohin die Ohre wenig Wasser führt, und für die westliche Fortsetzung, unterhalb der Allerschleuse bis dorthin, wo die Aller eine hinreichende Tiefe hat. Dieser Vereinigungs-Canal wird (siehe Karte Tab. 128.) von *A* nach *B*, das ist, von der Aller bey Voersfelde bis zur Ohre, oberhalb Calvörde, gehen. Derjenige Theil desselben, welcher die Theilungshaltung bildet, d. i. der zwischen den zwey anzulegenden Schleusen, wovon ich die eine die *Ohre*- und die andere die *Aller*-Schleuse nenne, wird den vorhandenen 16 Schuh breiten Aller-

Fang-Graben einnehmen. Der Canal wird oberhalb Calvörde bey der Ohre anfangen, und bis zur Ohre-Schleuse eine Länge von 1020 rheinl. Ruthen erhalten; von dieser Schleuse bis zur Aller wird dessen Länge noch 7500 Ruthen betragen. Da der Canalbezirk zwischen den beyden Schleusen zugleich die Theilungshaltung bildet, so wird man ihm eine Breite von 45′ und eine Tiefe von 6′ geben. Die beyden Schleusen müssen mit Umläufen versehen seyn, um beym Thauwetter das im Drömling sich ergiessende Gewässer schnell abführen zu können. Die Versorgung dieses Canals mit dem nöthigen Wasser, kann, nach einer von mir vorgenommenen Localuntersuchung, bewerkstelligt werden: 1) durch die Abführung eines Leitgrabens aus dem Allerflusse, oberhalb Oebisfelde, bey der Fliesmühle. Da dieses Flusses Hochgewässer oft 6 Fuſs 6 Zoll über seinen niedrigsten Stand sich erheben, und immer höher als das Wasser im Aller-Fang-Graben stehen: so wird es leicht seyn, dasselbe, mittelst einer niedrigen Abdämmung in die Theilungshaltung zu leiten. Vielleicht wird man diese Abdämmung ganz entbehren können, weil der Fall von den auf der Aller bey und unweit Calvörde liegenden Mühlen 12 Fuſs 6 Linien beträgt, nämlich von der Gansmühle 4 Fuſs 9 ½ Zoll, von der Oebisfelder Mühle 3 Fuſs 3 Zoll, und von der Buschstädter Mühle 4 Fuſs. Damit die gesammte Theilungshaltung gleichförmig mit Wasser versehen werde, so wird es nothwendig: den Leitgraben in zwey Aeste *c* und *D* dahin zu führen; den erstern Ast nenne ich den Leitgraben von Oebisfelde, und den zweyten den Leitgraben von Niendorf. Beyde Leitgräben werden für die ganze Gegend einen besondern Vortheil hervorbringen, indem sie dieselben eines Theils bewässern, und andern Theils gegen die hohen Wässer der *Aller*, welche sich jetzt nach Niendorf über den obern *Drömling* ergieſsen, beschützen. Zur Erreichung der letzten Absicht wird man auf dem rechten Ufer des Leitgrabens von Niendorf einen Damm anlegen.

Zur Speisung dieser Theilungshaltung und ihrer Fortsätze, führt die *Aller* eine hinreichende Wassermenge. Als ich dieselbe oberhalb Calvoerde im October 1808, bey dem allerniedrigsten Wasserstande der vielleicht je statt gefunden haben mag, untersuchte, betrug dieselbe in der Secunde 25,74 Cubik-Schuh. Sollten jedoch in dürren Jahreszeiten die zwey Leitgräben dem Canal nicht eine hinreichende Wassermenge liefern, so muſs man die Besitzer der Mühlen entschädigen, oder zwey Windmühlen bauen lassen, welche in dieser flachen Gegend sehr anwendbar sind. 2) Könnte man aus dem *Speze*-Bach bey *Etting* eine dritte Rigole *F* ableiten, denn gegenwärtig verseigt dieser Bach unterhalb dieser Mühle gröſstentheils in den Boden. 3) Kann der Ohre-Fluſs unterhalb des Tannenfelder-Drömlings bey *g*, vermittelst einer beweglichen Balkenwand, aufgestauet werden, um denselben nach *H* in die Theilungshaltung einzuleiten; denn schon gegenwärtig ergieſst sich das Wasser der Ohre, wenn es 3 Schuh steigt, in den Aller-Fanggraben. Dieses kann deswegen für die Austrocknung ohne den geringsten Nachtheil geschehen: denn es wird der

Aller - Fanggraben 6 Fuſs vertieft, so daſs dessen Wasserstand wenig höher als jetzt seyn würde, und noch 2 Fuſs unter dem natürlichen Terrain stände. Man könnte daher das Wasser der Ohre bey dürren Jahreszeiten vor ihrer Vereinigung mit dem Canal, unbeschadet der Austrocknung, 12 bis 15 Zoll aufstauen. Wenn aber Ueberfluſs an Wasser für die Schifffahrt ist, alsdann würde die Wasserstauung geöffnet, und die Ohre hätte nach Calvörde einen freyen Abfluſs. 4) Um dasjenige Wasser, welches die drey ersten Rigolen den Mühlen an der Aller entziehen, zu ersetzen: so könnten bey Flechtingen und Barendorf groſse Bassins angelegt, und die verschiedenen kleinern Flüsse sowohl, als die Aller oberhalb Oebisfelde aufgeräumt werden, und endlich könnte man den, oberhalb der Wipper-Mühle liegenden, Wipperteich, zum Bassin oder Wasserbehältniſs einrichten, und darin das Wasser 6 Schuh hoch stauen, wodurch ein Wasserschatz von 600,000 Cubik-Klaftern entstände. Von diesem Bassin des Wipper-Teiches müſste die auf der Karte gezogene Rigole E ausgehen.

Den Hauptleitgraben oder die Oebisfelder-Rigole habe ich deſswegen in einem Bogen um Oebisfelde herumgeführt, weil dieselbe auf der linken Seite dieses Städtchens in Dämmungen angelegt werden müſste, und ein neuer Mühlcanal nothwendig gewesen wäre, und endlich die Oebisfelder-Mühle hätte angekauft werden müssen.

Nachdem ich die Vereinigung der Ohre mit der Aller gezeigt habe, so komme ich nun zu der letzten Abtheilung, nämlich *auf die Schiffbarmachung der Aller bis unterhalb Zelle.* Der Aller-Fluſs wechselt mit seiner Breite zwischen Oebisfelde und Zelle von 24 bis 150 Schuh. Derselbe hat eine Tiefe von 18 Zoll bis 8 Schuh, und ist wegen seiner wenigen Geschwindigkeit, die bey Oebisfelde am 24. October 1808, in der Secunde nur 0,715 Schuh betrug, zur Schifffahrt sehr geschickt, seiner vielen Krümmungen und Seichten wegen sind jedoch Haupt-Fluſscorrectionen und Geradeleitungen, also ganze Canalstrecken, unbedingt nothwendig. Ja es muſs derselbe an vielen Stellen gänzlich verlassen werden, wie ich dieſs alles auf den von der Aller mir in Hannover mitgetheilten Karten, die ich in Cassel abgegeben habe, bezeichnete, und jetzt ohne diese Karten nicht beschreiben kann. Diese Correctionen werden das Fluſsbett vertiefen, des Flusses Oberfläche senken, folglich seine schädlichen, gegenwärtig groſse Landesbezirke verwüstenden Ueberschwemmungen verhindern. Zu diesem Endzweck würde auch der von mir auf der abgegebenen Specialkarte mit der Vereiniung der Aller und Ocker gemachte Entwurf, so wie die Wegnahme der Mühle zu Dikhorst gedient haben. Gegenwärtig vereinigen sich diese beyden Flüsse unter einem stumpfen Winkel; bald verursacht die Ocker, bald die Aller die Ueberschwemmungen, zwischen Müden und Giffhorn. Diese Flüsse müssen daher unter Dickhorst, wie ich auf der Specialkarte angegeben hatte, geführt werden, welches zu $\frac{2}{3}$ auf Kosten der dortigen Gemeinde geschehen sollte.

Von Vorsfelde bis Wolfsburg würde ich der Aller in einem Canal ein neues Bett von vierzig Schuh Breite anweisen, ihm von da bis zum Einflufs der Ocker fünf und vierzig Fufs und von da bis nach Zelle funfzig Fufs Breite geben; aber die Canäle sowohl als die Aller 5 Fufs tief unter der Oberfläche des niedrigsten Wassers graben lassen.

Am seichtesten ist die Aller zwischen Wolfsburg und unterhalb Tannenbüttel, es wird daher nothwendig seyn, in diesem Bezirk einen Schiffsdurchlafs oder eine Schleuse anzulegen, und die von mir auf der Original-Karte entworfene Geradeleitung der Aller auszuführen. Die Wegnahme der Dickhorster Mühle ist auch defswegen nöthig, weil sie den Aller-Flufs selbst bey niedrigem Wasser dergestalt aufstaut, dafs es fast, bey diesem niedrigen Stande der Oberfläche, unthunlich wird, einen Ziehweg anzulegen, um bey dem geringsten Anschwellen der Aller die Schifffahrt fortzusetzen. Uebrigens bringt diese Mühle nur 400 Rthlr. Pacht, folglich sind 8000 Rthlr. zur Entschädigung hinreichend, wo hingegen eine Schleuse, zur Umgehung derselben, weit mehr kosten würde. Folgende Mühlen müssen aber auf der Aller verbleiben, weil sie zum Bedürfnifs grofser Ortschaften nöthig sind, und keine für die Schifffahrt schädliche Aufstauung des Stromes bewirken. Nämlich die Giffhorner-Mühle, welche einen Fall von 5 Fufs hat; 2) die Wienhauser-Mühle, deren Fall 5 Fufs 8 Zoll beträgt; 3) die Mühle bey Zelle, wobey der Fall, von dem Rücken des Wehres bis zum Stand des niedrigsten Unterwassers, 11 Schuh 4 Zoll ausmacht. Jede von diesen drey Mühlen erfordert eine Kammerschleuse. Bey Giffhorn kann eine Schleuse nicht anders, als dicht bey der Mühle angelegt werden, weil die Wände der jetzigen Freyschütze 12 ½ Fufs auseinander stehen. Ich würde die beyden Wände dieser Schleuse und den Vorboden dergestalt unter dem Mühlen-Kolk soweit verlängern, dafs weder Wirbel noch Versandungen vor der Schleuse entstehen. Die zweyte Mühle, bey Wienhausen erfordert einen langen, vor dem Kloster vorbeygehenden Canal, welchen ich auf der Special-Karte bezeichnet hatte, in dessen Anfang die Schifffahrts-Schleuse angelegt werden mufs. Da der Mühlgraben eine gröfsere Tiefe als die Aller hat, so mufs dieser zum Schifffahrts-Canal benutzt, und wie auf der Karte gezeichnet war, regulirt werden. Bey Zelle ist die Kammerschleuse abgesondert von dem dortigen Wehre — welches, zur Abführung der Hochgewässer, mit einem grofsen Grundablafs, der mit Balken verschlossen wird, zu versehen ist — dergestalt anzulegen, dafs die Aus- und Einfahrt bequem wäre, und unterhalb keine Versandung entsteht. Die Richtung dieses Nebencanals hatte ich auf der Special-Karte angegeben. Um die Passage der Schiffe durch diese Schleuse zu sichern, ist die Verlängerung ihrer Seitenmauern, welche den Nebencanal bilden, nothwendig. Da der Unterschied des höchsten und niedrigsten Wassers vor und unterhalb dem Wehr zu Zelle 15 ½ Schuh beträgt, so gebe ich den Wänden, dieser bey Zelle anzu-

legenden Schleuse, bey der Canaltiefe von fünf Schuh, eine Höhe von 22 Schuh, damit sie über den höchsten Wasserstand hervorragen. Die Hochgewässer der Aller sollten vom Schleusencanal mit den von mir auf der Special - Karte angedeuteten Dämmen, welche 23 Schuh über den niedrigsten Wasserstand reichen, abgehalten werden.

Bey dieser Gelegenheit mufs ich einer sonderbaren Meinung erwähnen, welche Einige im Hannöverischen, von der Correction der *Aller* gehabt haben. Sie halten nämlich dieselbe für die Gegenden von Zelle nachtheilig, und meinen, dafs dadurch eine gröfsere Wassermenge nach Zelle fliefsen, und eine höhere Inondation entstehen würde. Nun ist es aber klar, dafs die Rectification des Flusses, indem sich dieselbe bis Zelle ausdehnt, auch die Geschwindigkeit des Stromes befördert und die Oberfläche desselben sich senkt. Hierzu kömmt aber noch, dafs 1) die bey Zelle anzulegende Schleuse, deren Thore, während den hohen Wasserständen, geöffnet werden, wenn man vor dem obern Stemmthore, in der Queere des Canals, eine bewegliche Balkenwand einrichtet, und 2) dafs der, in dem Wehr anzulegende Grundablafs dergestalt angelegt werden kann, dafs alle Hochgewässer der Aller weit sicherer und schneller als gegenwärtig abfliefsen. Gegenwärtig, da dem Wehr ein Grundablafs und die Schleuse fehlt, hat man mit demselben recht gewaltsam die Ueberschwemmungen bewirkt!

Unterhalb Zelle ist der Allerflufs schiffbahr, und es werden nur noch einige Durchstiche und ein aus einem Faschinenbau bestehendes Separations-Werk, welches die Ausmündung der Aller in die Weser verbessert, anzulegen seyn. Diese Anlagen hatte ich alle auf den Special - Karten bezeichnet. Auf diesem Canal werden also 11 Kammerschleusen nothwendig, nämlich auf der Aller bey Zelle, Wienhausen und Gifhorn, dann die Allerschleuse zum Abschlufs der Theilungshaltung, ferner an dem östlichen Ende derselben die Ohre-Schleuse und die auf der Aller bey Neuhaldensleben, Hillersleben, Gersleben und Volmirstädt anzulegenden Schleusen, und endlich zwey Schleusen am Anfang und Ende des Magdeburger-Canals. Die letzten zwey Schleusen werden mit ihrer Breite, Tiefe und Länge nach den Elbschiffen eingerichtet; die übrigen müssen eine Breite von 14 Fufs erhalten. Der Fall richtet sich nach dem natürlichen Abhang und den Fällen bey den Mühlen. Alle Schleusen und die zwey Schiffsdurchlässe sind auf einem Pfahl - oder Schwellrost zu erbauen, die Mauern werden aus Werkstücken gemacht, wozu die harten und grofsen Steine aus dem Bruche zu Völpke genommen werden können, und die so lang sind, dafs daraus der Schleusenboden dergestalt gemacht werden kann, dafs ein Stein queer über die Schleuse reicht. Mit den Schleusen sollten auch die Brücken verbunden werden, um bey diesen ihre Widerlager zu ersparen.

Ich hatte jetzt noch diejenigen speciellen Nivellements bestimmt, welche längs dem Aller-Fang-Graben, vom Wipperteich bis zum Canal, von diesem bis zum Anfang der Rigolen, von der Theilungshaltung auf der einen Seite gegen Zelle, und auf der andern Seite gegen Magdeburg gemacht werden sollten. Auch hatte ich einen Gesetzes-Entwurf (siehe S. 73.) über die Anlage des Canals Anfangs 1809 dem Finanz-Minister von *Bulow*, welcher diese wichtige Sache eigentlich zur Sprache gebracht hatte, mitgetheilt, so wie diejenigen Vorschläge, welche die Ausführung möglich machen, erleichtern und befördern konnten.

Vom Jahre 1809 bis Anfangs Februar 1814 haben die Kriege diese Unternehmung in Vergessenheit gebracht, welche ohne Zweifel von den Regierungen derjenigen Länder, in denen sie ausgeführt werden kann, und auf deren Wohl sie den größten Einfluß hat, wieder zur Sprache, und wahrscheinlich auch zur Ausführung gebracht werden wird.

Die Arbeiten sollten an der Aller angehn, um von Zelle aufwärts zu fahren, die Steine aus den Steinbrüchen bey Völpke zum Bau der Schleusen zu beziehen, und von Braunschweig nach der Aller die Ocker schiffbahr machen zu können, um von dieser Stadt nach Zelle und Bremen eine Wasserstraß zu erhalten.

Ueber die Vereinigung des Mayns oder des Rheins mit der Donau.

§. 168. Ich habe bereits auf der fünften und sechsten Seite von dem Vortheil gesprochen, welcher durch die schifffahrtsfähige Vereinigung des Rheins mit der Donau entstehen würde. Dieser wichtige Verbindungs-Canal wird bey Bamberg seinen Anfang nehmen, wo man gleich oberhalb dieser Stadt, vermittelst einer anzulegenden Schleuse, die Verbindung der Regnitz mit dem Mayn bewerkstelligen kann, wenn die unterhalb der Stadtbrücke liegende Mühle angekauft wird, und die aufwärts, an einen kurzen Canal, verlegt werden kann. Er würde, von Bamberg, entweder dem Lauf der Regnitz, (auch Rednitz) folgen, oder in Durchstichen verlegt werden müssen, und man hätte von dieser Stadt bis Fürth noch sieben Mühlen, mit Schleusen und Seitencanälen, zu umgehen. Da bey Bamberg bereits die Steine zu zwey Schleusen vorräthig liegen, und die unweit Baiersdorf stehende Ruine, zu den übrigen Schleusen das Material liefern kann, die mittelst eines kleinen Stemmthores einzurichtenden Schiffsdurchlässe bey den Wässerungsrädern, ihres geringen Falls von 12″ wegen, wenig Kosten verursachen *): so kann man die neue Wasserstraße zwischen

*) Nach der 1697 vorgeschriebenen Wassergerichts-Ordnung soll dieser Fall nur 2 1/2 Zoll betragen, und diese Verordnung ist wieder zu erneuern, wornach die Grundbäume drey Schuh unter dem niedrigsten Wasser liegen sollen. Es wird aber auch hier wohl bey diesen für die Grundeigner so nachtheiligen Mißbräuchen sein Bewenden haben!

dem Mayn bis Fürth mit der Summe von zweymal hundert fünfzig tausend Gulden ausführen. Da ferner der Rednizfluſs eine hinreichende, beym niedrigsten Wasserstand noch 400 Cubikschuh in der Secunde betragende Wassermasse führt, und nur die geringe Geschwindigkeit von 18 bis 20 Zoll in der Secunde hat, auch 4 bis 7 Fuſs tief, und 60 bis 100 Schuh breit ist, so ist er zu einen Canal äusserst bequem.

Von Fürth wäre ein Canalast nach Nürnberg in und längs dem Pegnizfluſs zu führen, und von hier aus möchten die Waaren bis *Regensburg* noch so lange zu Lande transportirt werden, bis die Fortsetzung des Canals vollendet ist. Derselbe wird stets von groſsen Nutzen seyn, weil Nürnberg sein Bau- und Brennholz auf demselben beziehen, und die Waaren auf dem Mayn versenden kann.

Das Schwierigste bey der Vereinigung der Donau mit dem Mayn, ist die Anlage des zwischen der Altmühl, die sich bey Kehlheim in die Donau ergiest, und dem Regnitzflusse, der unterhalb Bamberg in den Mayn fällt, zu führenden Canals!

Carl der groſse wollte durch die Vereinigung des Rheins mit der Donau seine Regierung verherrlichen, und lieſs unweit den Dörfern Dettenheim und Graben (südlich Weissenburg) ein groſses Bassin ausheben; von diesem sollte der Canal nach der nahe vor diesem Bassin vorbeyflieſsenden Altmühl, nördlich aber in die schwäbische Rezat eingeleitet werden. Ich habe die Quellen bey Dettenheim und dem Stadelhoff, und das zum Theil noch vorhandene Bassin genau untersucht und gefunden, daſs eine Vereinigung der Rezat und der Altmühl, ohne Kammerschleusen, die zur Zeit Carls des Groſsen noch nicht erfunden waren, ganz unausführbar sey. Man müſste auch noch jetzt ein ganz ungeheuer groſses Bassin anlegen, und mit enormen Kosten die Altmühl in der obern Gegend schiffbahr machen, womit fast unübersteigbare Schwierigkeiten, der Felsenwände wegen, verbunden sind. Wiewohl ich eine genaue Aufnahme und Nivellements über die Anlage dieses Canals nicht machen konnte, so scheint mir doch, daſs man denselben von Fürth, längs der Regnitz, entweder bis zum Rothfluſs oder bis zur Schwarzach, ohnweit Hohenbruck, fortsetzen, und längs dem einen oder andern Flusse führen müsse, um zu dem Theilungspunkt bey Seeligporten, wo ein groſses Bassin anzulegen ist, zu gelangen; von diesem Bassin würde man den südlichen Canal-Ast, längs einem andern Bache, den man gleichfalls Schwarzachfluſs nennt, bis in den Altmühl-Fluſs, führen; diesen letztern Fluſs bis Kehlheim schiffbahr machen, und ihm eine bessere Einmündung in die Donau geben müssen.

Der Theilungs-Haltung, oder dem Bassin von Seeligporten, kann man verschiedene Quellen und Gewässer zu leiten, welche in der dortigen Gegend entspringen, und man wird den einen oder andern Canal-Ast, vermittelst Umdämmung der bestehenden Teiche, auch unterhalb, mit einer gröſseren Wassermenge, verstärken.

Allerdings werden diese zwey Canal - Aeste viele Schleusen erfordern, und die Rigolen, so wie die Haupt-Bassins, müssen mit groſser Ueberlegung angelegt werden, zumal da die Wässer: zwischen Freistetten, Neumarkt, Altdorf und der Rednitz, bey dürren Jahreszeiten, wenig liefern. Die Sache scheint mir indessen so wichtig zu seyn, daſs sie ein auf genaue Aufnahme und Nivellements gegründetes Project verdiente. Wenn man aber auch nur den Canal von Bamberg nach Fürth und Nürnberg anlegte, so wäre der Gewinst schon auſserordentlich, und nur allein bey der Salzfracht jährlich über neun tausend Gulden, ohne den Holzhandel und das übrige Commerz in Anschlag zu bringen, erspart, und der directe, daraus entspringende Gewinnst kann zu fünfzig tausend Gulden jährlich angeschlagen werden. Aus allen zwischen Erlangen, Bayreuth, und den, allen Naturforschern so bekannten Gailenreuther-Höhlen liegenden Waldungen würde man, nach der Floſsbahrmachung der Wiesent, auf diesen Canal, das Schiffsbauholz nach dem Mayn, und das Brennholz nach Nürnberg verfahren.

Ohne Zweifel würde die Verbindung des *Rheins mit der Donau*, unter der Regierung *Seiner Majestät des Königs*, mit derjenigen Aufmerksamkeit und Vorliebe, womit in Baiern die nützlichen Unternehmungen behandelt werden, angefangen worden seyn: wenn nicht die anhaltenden Kriege dies durchaus verhindert hätten!

VIERTES KAPITEL.

Die schiffbahrmachung der Flüsse.

Einleitung.

§. 169.

Wenn aufgeklärte Regierungen erwägen: dafs ein 3000 Centner tragendes Flufs-Schiff gegen die Landfracht, auf mittelmäfsig guten Chausséen, hundert und siebenzig Pferde und fünfzig Menschen jährlich, dem Ackerbau zuwendet, die ihm von dem Gebrauch der Landfuhrwerke entzogen werden, dafs der Innere-Verkehr eines Landes, der Handel nach Aufsen, der Preis aller Bedürfnisse, so wie die Ausgabe für die Armee und Festungen, von einem wohlfeilen Waaren-Transport abhängt: so werden sie die Schifffahrt auf Flüssen und Canälen nicht vernachläfsigen, sobald sie Anspruch auf die Achtung verständiger Zeitgenossen, so wie der Nachwelt, machen, und das allgemeine Wohl mit Ernst befördern wollen. Unendlich gröfser und weit über alle Rechnung erscheint aber der aus schiffbahren Flüssen entspringende Vortheil, wenn man bedenkt, dafs die zur Schiffbahrmachung eines Flusses angewendeten hydrotechnischen Vorkehrungen und Anlagen, zugleich die Ueberschwemmungen von den Flufsgegenden abwenden, so wie die Uferlande gegen den Angriff des Stromes sichern. So grofs indessen der Vorzug ist, den (in den meisten Fällen) die Schiffbahrmachung der Flüsse vor der Anlage der Canäle, längs Flüssen, sowohl der Kosten wegen, als in Hinsicht der bessern Benutzung der Uferlande, die mit dem verbesserten, zur Schifffahrt fähig gemachten Lauf des Flusses, verbunden ist, hat: so wird doch der Ingenieur öfters genöthigt seyn, längs schnellen- oder Bergflüssen, auf lange Strecken, von der Flufsbahn abweichende Canäle anzulegen, wie dies z. B. bey den Flüssen Loing und Marne in Frankreich geschehen mufste.

Die Wahrheit, dafs die Schiffbahrmachung der Flüsse zu den nothwendigsten Staatsbedürfnissen gehört, würde mächtig wirken, wenn die Wasserbaukunde sich vieler Freunde, Kenner und Beförderer zu erfreuen hätte; leider sind aber bis jetzt die Flüsse sehr vernachläfsiget, weder auf ihre Flofs- noch Schiffbarmachung noch auf bequeme Ziehwege, bedeutende Summen, verwendet worden.

Wo man die Floſsfahrt berücksichtigen sollte, werden groſse Summen für die Triftung mit Scheiterholz verwendet. Ich kenne eine Hauptstadt, wo man zu diesem Behuf, kostbare Anlagen hat, welche die Ursachen der Ueberschwemmungen sind, die man jedoch nicht aufgiebt, wiewohl das Scheiterholz schlecht ist, indem das Wasser des Flusses es auslaugt, und aus den Trift-Anstalten der Einsturz einer steinernen Brücke entstanden ist. Eine genaue Recherche über die wahren Erträgnisse der Triftung dürfte zeigen: daſs sie nicht nur nichts einbringt, sondern noch kostet. Es gehen öfters viele Tausend Klafter Holz verlohren, welches auf den seichten Stellen liegen bleibt, oder vom Strom fortgeführt wird, wenn man genöthigt ist, daſs dasselbe zurückhaltende, mit Schützen versehene Wehr, durchzuhauen, um nur die Stadt gegen den Austritt des Hochwassers zu sichern. Diejenigen, welche Vortheile von den Trift-Anstalten ziehen, oder dieselben aus Widerspruch verständiger Vorschläge beschützen, wenden ein: daſs man den Gebirgsbewohnern doch einen Verdienst zuwenden müsse, ohne den Transport des Brennholzes auf Floſsen, zu berücksichtigen, wodurch auch ein Verdienst entsteht. Die Triftklötze sind so lang, daſs auf zwey bis drey Bäumen füglich ein Floſs davon eingerichtet werden kann. Die Triftung des Brennholzes kann indessen auch sehr nützlich seyn, wann nur die dazu erforderlichen Wehre nicht die Ursache von verderblichen Inondationen sind. Doch die Gleichgültigkeit, womit die zur Verbesserung der Schiff- oder Floſsfahrt abzweckenden Mittel in manchen Ländern behandelt werden, ist unerklärbar; schon *La Lande* in seinem Werke über die Schiff-fahrts-Canäle, klagt hierüber, und indem das von ihm Gesagte, nicht allein auf Frankreich paſst: so sey es mir erlaubt, ausser den im I. Bande S. 7 und 8. angeführten Stellen noch folgende aus seinem Buche (canaux de navigation) mitzutheilen. Er sagt: „die Transporte geschehen wegen der Schwierigkeit der Fluſsfahrt gröſstentheils zur Axe; nur diejenigen Waaren, welche ein sehr groſses Volumen einnehmen, werden aus Noth zn Wasser transportirt; alle andern werden zu Land durch das ganze Reich verführt, sogar das Eisen (die Sache wäre kaum glaublich, wenn sie nicht zu allen Zeiten durch die That bewiesen werden könnte) wird aus der *Franche comté* nach *Lyon* gefahren, ohne den vor den Schmieden dieser Provinz vorbeyflieſsenden *Doubs* zu benutzen; das Eisen von Berry wird zur Axe nach Orlèans, und zuweilen gerade nach Paris gebracht! Da nun bekanntlich die Frachtkosten auf die Waare geschlagen werden, so kömmt dieselbe zu einem enormen Preise zu stehen; aus diesem Grunde verlieren wir bey dem Handel mit dem Auslande, denn was die Fabrication des Eisens und Stahls betrift, so können wir die Concurrenz mit demselben nicht bestehen, und unsre Schwertfeger und Eisenhändler müssen das Eisen bey unsern Nachbarn holen. Wenn man die mäſsigen Kosten des Wassertransports mit den Land-Frachtkosten vergleicht, welcher groſse Unterschied ergiebt sich daraus? Ein mit sechs Pferden bespannter Wagen, der von zwey Personen geführt wird, kann höchstens 200 bis 300 Centner laden. Zu einen mit 3000 Centner beladenen Fluſsschiff

sind zwey Menschen hinreichend. Dieses erspart also die Arbeit von 200 Menschen und 600 Pferden, die der Landtransport dem Ackerbau entzieht."

Diese von Lalande gemachte Berechnung ist offenbar übertrieben! Auf guten Chausséen zieht nämlich ein Pferd höchstens 15 Centner, also ziehen sechs Pferde 90 Centner, und nicht 300; zu einen 3000 Centner ladenden Flufsschiff werden 15 Pferde gebraucht, also erspart man dabey 170 Pferde, und nicht 600; wenn man die Fahrt mit dem *strom-* oder *Flufsabwärts*, wobey keine Pferde gebraucht werden, in Rechnung bringt, und wenn die Geschwindigkeit des Stromes (wie z. B. bey der Donau) zwischen 3 ½ und 5 Schuh in der Secunde beträgt, denn auf diesem Flusse ziehet bey dem höchsten Fahrwasser ein Pferd 100 Centner, also kann man 200 Centner rechnen, weil flufsabwärts das Schiff mit dem Strom fortgeht. Auf dem Inn, dessen Geschwindigkeit 5 bis 6 Fufs beträgt, werden an ein 132 Fufs langes, 13 Schuh breites, und 150 bis 180 fl. kostendes, 30 Zoll tief gehendes, und 800 Centner tragendes Schiff, neun Pferde gespannt, so dafs ein Pferd 90 Centner zieht. Ist die Geschwindigkeit des Stromes 3 bis 4 ½ Schuh, wie bey dem Rhein, so kann für das Pferd 150 bis 200 Centner, also wenigstens stromabwärts und aufwärts, 300 Centner angenommen werden. Auf dem Mayn, dessen Geschwindigkeit 2 ½ bis 3 ½ Schuh beträgt, worauf vorzüglich gut gebaute Schiffe *), die man auf allen Flüssen (mit einer geringen Verbesserung) einführen sollte, gehen, dreyhundert Centner: folglich kömmt in Beziehung auf die Fahrt, flufsabwärts 600 Centner auf das Pferd, das ist, auf 3000 Centner fünf Pferde. Es werden also bey der Wasserfahrt auf dem Mayn gegen den Transport auf guten Landwegen bey der Last von 3000 Centner 195 Pferde erspart, also nur zwey Pferde weniger, als auf Canälen von 60 bis 80 Schuh Breite. Auf diesen zieht ein Pferd 1000 bis 1200 Centner, aber es mufs auf dem Hin- und Rückwege angespannt werden. Auf Flüssen, deren Geschwindigkeit geringer als zwey Schuh ist, werden 400 bis 500 Centner von einem Pferde gezogen werden können, und auf engen Canälen (zu 26 Schuh Breite) 600 Centner. Ferner glaube ich noch anführen zu müssen, dafs auf allen Flüssen, die beym vollufrigen Strom (wobey die Schifffahrt statt findet) sieben Schuh in einer Secunde zurück legen, die Schifffahrt noch mit Vortheil statt finden kann.

La Lande fährt nun weiter so fort: „dieser wichtige Unterschied des Land- und Wassertransports würde unglaublich scheinen, wenn der Calcul und die Thatsache ihn nicht bewiesen. Nach genauen Verzeichnissen der im Innern des Reichs zum Landtransport der Waaren im Gebrauch seyenden Wägen rechnet man deren wenigstens 20,000. Nimmt man nun für jeden zwey Pferde und einen Menschen an, so ergiebt sich, dafs 40000 Pferde und 20000 Menschen beschäftigt sind, um die Lebensmittel und Waaren zu vertheuern, und die Strafsen zu verderben, deren

*) Von diesen Schiffen besitze ich Modelle, die der von mir für Canalbarken S. 25. bestimmten Form sehr nahe kommen.

Herstellung mehr als 100000 Menschen erfordert. Blofs der Verschleifs des Salzes von Vecais auf der *Rhone*, erfoderte (jährlich) 100 Wägen, 440 Menschen und 400 Pferde. Die Kosten belaufen sich wenigstens auf eine Million, ohne die Zölle zu rechnen. Wäre die Rhone vollkommen schiffbahr, so würde man vielleicht die Hälfte dieser Kosten ersparen. Wie grofs würde also der Gewinn seyn, da die Salzfuhren noch nicht den fünften Theil der Rhone-Schifffahrt ausmachen? Wie können Agrikultur und Handel bey solchen drückenden Lasten gedeihen? Gleichwohl gehen die Heerstrafsen längs den Flüssen, und man mufs sich in der That wundern, wenn man sieht, dafs das Gegenmittel dem Uebel so nahe liegt. Die schönsten Wege liegen an unschiffbahren Flüssen, der Handel entbehrt der natürlichen Unterstützung; die ärmsten Bauern würden von der Flufsschifffahrt Vortheil ziehen."

§. 170. Dafs aber in der letzten Zeit viel für die Verbesserung der Flufsschifffahrt in Frankreich geschehen ist, lesen wir in *Courtin's* Travaux des ponts et Chaussées depuis 1800, und ich will daraus einiges hier Passende anführen. Der Verfasser sagt pag. 191: „zwar sind die durch Canäle bewirkten Communikationen äufserst nützlich, aber man hat oft nicht überlegt, ob die mit Canälen verbundenen Flüsse auch schiffbahr wären! und öfters ist, ohne Noth, ein Canal der Schiffbahrmachung des Flusses, längs dem er hingeht, vorgezogen. Einige der natürlichsten Wasserstrafsen sind mit unbedeutenden Summen hergestellt; die Aa, Lys und Scarpe geben davon Beyspiele! Manchmal gab zwar die ehemalige Regierung Vorschüsse zur Schiffbahrmachung der Flüsse, sie legte defswegen Zölle an, besteuerte Provinzen, aber diese geringen, öfters zu andern Zwecken gebrauchten Hülfsmittel, entsprachen den Arbeiten nicht! Endlich wurde von der Innern-Schifffahrt eine Abgabe eingeführt, und die Gröfse der Fahrzeuge zum Grunde gelegt; der Ertrag, so wie die Fährgelder sind zu den für die Schiffbahrmachung abzweckenden Werken bestimmt. Wo diese zu den neuen Unternehmungen nicht hinreichen, da wird das Fehlende von der Regierung bewilligt, und auf die Steuern der durch die Anlagen Vortheil ziehenden Departements gelegt. Das Reich ist in Flufsgebiete (bassins), *) und diese wieder in Arrondissements getheilt. (Decret vom 8. prairial.) Der Minister des Schatzes und der General-Director der vereinigten Auflagen übersendet alle drey Monathe dem General-Director der Brücken und Wege das Verzeichnifs der Einnahmen; endlich sind Magistrate des Rheins und Pôs ernannt, um auf die Wasserzölle und Wasserbaupolizey zu wachen. Bey der Versorgung von Paris durch die Flufsschifffahrt hat der General-Director der Brücken und Wege, die Leitung über die Holzschläge, über das Scheiterflossen, so wie über die Fortbringung des Holzes auf Flössen und Schiffen. Die Schiffbahrmachung der Seine bis Chatillon ist beschlossen, und wird eifrig betrieben; an vielen Stellen werden Nebencanäle längs dem Flusse angelegt.

*) Den Arbeiten eines jeden *Bassins* steht ein Ingenieur als Inspecteur-Général oder Inspecteur-Divisionair vor.

Ein Canal wird die Aube mit der Seine vereinigen! Drey und dreyſsig Durchlässe oder Stauthore, sechs Kammerschleusen, und drey Wehre (zwey in der Seine und eines in der Aube) werden zu dieser Schiffbahrmachung erforderlich. Unter Paris ist bey Pont de l'Arche eine Schleuse, zur Passage des dortigen schnellen Seine-Falls, angelegt, und noch zwey andere Schleusen sollen, in gleicher Absicht, erbauet werden: nämlich eine oberhalb Pont de l'Arche, und die andere bey Vernon. Zur Verbesserung der Marne ist ein Ableitungs-Canal, nahe bey Condé, ein anderer bey Chellens, und eine Geradeleitung der Marne, zwischen Saint-Maur und Charenton, woran man arbeitet, angeordnet. So soll auch der Fluſs Cher schiffbahr gemacht werden."

Doch ich müſste weitläufig seyn, wenn ich alle Verbesserungen aus jener Schrift aufnehmen wollte. Auch in Ruſsland, Baiern, Preuſsen, Italien und Oestreich ist manches an den Flüssen für die Schifffahrt geschehen, und ich selbst habe am Rhein, am Inn und an der Donau mehrere Durchstiche und Bauwerke in dieser Absicht ausgeführt, von denen ich einige im ersten Bande beschrieben habe; aber immer ist in diesen Ländern und in Frankreich noch zu wenig, in Hinsicht auf den Zustand der bequemen Fahrbarkeit der Flüsse, (wenn man das Bedürfniſs übersieht), ausgeführt. So lieſse sich z. B. mit 200,000 fl. die Schifffahrt der Donau von Ulm bis zur östreichischen Grenze, und von da bis Preſsburg mit zwey Millionen, nicht nur vollkommen herstellen, sondern auch die Ueberschwemmung abwenden, und alles Uferland sichern! Doch ich komme nunmehr zu der Sache selbst.

I. *Von den Ziehwegen.*

§. 171. Ohne bequeme, längs dem dazu für den Schiffzug vortheilhaften Ufer, angelegten *Ziehwege* ist keine sichere und vortheilhafte Fluſsschifffahrt möglich. In welchem Grade dieselben fast überall, des Mangels an gesetzlichen Vorschriften und der nöthigen Geldmittel wegen, schlecht sind, übersteigt allen Glauben. Die Wasserbaubeamte haben dabey keine Wirksamkeit, indem man längs solchen Flüssen, deren Ufer ohne Bauwerke bestehen, den Eigenthümern nicht befehlen will, ihre Waldungen so weit vom Ufer abzuhauen, als die Breite des Ziehweges es erfodert, und gar keine Obsorge bey dem Abholzen der aus Kies und Sand bestehenden hohen Ufer ausübt!

§. 172. Die Ziehwege sollten eine Breite von 9 bis 24 Fuſs erhalten, und zwey Schuh über diejenige Wasserhöhe gelegt werden, bey welcher der Fluſs von Schiffen noch aufwärts befahren werden kann; je höher man sie anlegt, desto besser; also sind auch die Fluſsdämme dazu zu benutzen. Diese Ziehwege müssen fest und bequem seyn, folglich an einigen Stellen in Felsen gesprengt werden, an andern erfodern sie lange Brücken oder, aus leichten Jochen bestehende, Bebrückungen, und in noch an andern Fluſsbezirken erheischen sie Faschinenlagen und aus Kies aufgeführte Dämme, ja Mauern und Uferbauten aller Art. Sie machen nothwendig, *a)* die

Fortschaffung von einzelnen grofsen Steinen, Treibholz, Stöcken und Bäumen; *b*) die Zudämmung alter verlassenen Flufsärme, Flufsrinnen und Kolke, ferner *c*) mühsame Felsensprengungen, wie ich deren oberhalb Kehlheim an der Donau, und oberhalb Pafsau am Inn habe ausführen lassen. Zuweilen sind zu Ziehwege gepflasterte Steinböschungen, Schutzmauern; wohl auch Streichbäume, über welche das Schiffs-Seil gleitet, damit es nicht auf Felsen und Mauern anstreicht, die es in wenig Stunden abschleifen, erforderlich. Diese aus Rundhölzer bestehenden Streichbäume werden entweder auf die Schutzmauer, auf die natürlichen Ufer oder auf Pfählen gelegt, die auf zwanzig Schuh Abstand eingerammt seyn mögen. Da, wo die Uferstrecken so rauh und ungleich sind, dafs sie die Schiffs-Seile abschleissen, werden über dieses Vorufer hin (perpendiculär auf die Flufsbahn) die Streichbäume angebracht, nämlich am Rande des Ziehweges, auf dem Boden, dem Flusse zu, aber (je nach dem Abhange des Ufers) auf eingerammten Pfählen oder hervorstehenden Felsen. Sowohl längs Flüssen als Canälen sind in den der Agricultur oder der Gärten wegen angelegten Mauern und Verzäunungen, die sie kreutzen, bequeme Fallthore anzubringen, welche der Schiffsreiter *) (vom Pferde ab) öffnen kann, und die sich selbst verschliefsen. Das auf Tab. 100. Fig. 14. gezeichnete Fallthor ist dazu sehr bequem. Dasselbe hat zwey Ruhebügel *a* und *b*, die so geformt sind, dafs die Zapfen *c* und *d* dieselben wechselweise aufnehmen, man mag auch das Thor nach der einen oder andern Seite öffnen. Mittelst der Fallklinke, die oben eine zum Niederdrucken dienende Feder erhält, und die in die Rinne *f* einfällt, wird das Thor zugehalten. Der Schiffsreiter kann diese Klinke, vom Pferde ab, leicht aufdrücken, und dann öffnet sich das Thor, vermöge seiner schiefen Stellung selbst.

§. 173. In manchem Lande würden die Ziehwege und Wasserstrafsen sehr gut unterhalten werden, wenn die Einnahmen, die der Natur der Sache nach dazu bestimmt werden sollten, auch dazu hergegeben würden: das sind die Wasserzölle und die für die Benutzung der Ziehwege erhobenen Wegegelder; wenn endlich die Buschinseln nicht dem Forstdepartement, sondern dem Wasserbaudepartement unterständen, und ein Gesetz über die Freylassung der Ziehwege selbst vorgeschrieben wäre!

§. 174. Alles, was noch die Anlage der Ziehwege und die damit verknüpften Werke betrift, ist aus der Flufs- Damm- Strafsen- und Brückenbaukunde, so wie aus dem, was ich über das Sprengen der Steine und den Bau der Kay's im II. Bande vorgetragen habe, zu entnehmen. Oefters können sie mit den, aus den Flüssen, ihrer Fahrbarkeit wegen, fortgeschaften Steinen, errichtet werden, und man wird alsdann beyde Zwecke miteinander verbinden, nämlich die so nothwendige Vertiefung

*) Den auf das am Schiffs-Seil vorne angespannte Pferd sitzenden Reiter nennt man den *Schiffsreiter*.

und Reinhaltung des Fahrwassers, worin weder Felsen noch einzelne grofse Steine, die man so häufig antrift, liegen sollten, und die Anlage dauerhafter aus regelmäfsig aufgesetzten Steinböschungen und Pflastern bestehender *ziehwege*, deren Fufs zuweilen mit Pfahl- und Schwellrosten gesichert werden mufs. Sie sollten, wo möglich, in der Nähe desjenigen Ufers gelegt werden, welches der zum Flufsaufwärtsfahren bequemste Wasserstrafse des Flusses (in seichten Flüssen die Stromrinne oder der Thalweg in tiefen Flüssen, die zur Schifffahrt hinreichend tiefen Stellen der Flufsbahn, das ist die Naufahrt oder Gegenfahrt) zum nächsten liegt. Alsdann wird das Zugseil möglichst kurz seyn dürfen, und den Pferden wird der Zug erleichtert. Da, wo die Flüsse ihr Fahrwasser nach den Hochgewässern geändert haben, sollte (bey seichten Stellen) auf Staatskosten die veränderte Wasserstrafse durch auszusteckende oder schwimmende Zeichen angezeigt werden, welches jedoch nur auf Flüssen geschehen kann, worauf die Schifffahrt sehr frequent ist, und nicht auf Gebirgs-Flüssen, die bey jedem hohen Wasserstande ihre Stromrinne, d. i. ihr Fahrwasser verändern. Ist aber längs einem Flusse ein kostbarer Ziehweg, so mufs man überlegen, ob der durch ein Hochgewässer veränderte Lauf des Flusses nicht lieber verbessert werden sollte, als einen neuen Ziehweg anzulegen, mithin den bestehenden zu verlassen.

II. Von den Aufstauungen, Schiffsdurchlässen und Schiffsgerinnen, so wie von der Anwendung der Stau- und Kammerschleusen, zum Behuf der Schiffbahrmachung eines Flusses.

§. 175. Wenn selbst ein, durch die im II. Bande S. 460 bis 479; 481 bis 493 gelehrten Mittel von allen darin befindlichen Steinen, Felsen, Baumstöcken und Pfählen, nach den Erfodernissen der Schifffahrt, gereinigter Flufs, in dürren Sommerzeiten, zu wenig Wasser führt, um die Schiffe zu tragen: so legt man darin Wasserstauungen, das sind zuzuschliefsende und zu öffnende Durchlässe (2. B. S. 651.) an, um das Wasser bis zur schifffahrtsfähigen Höhe aufzustauen, und die Schiffe durchzulassen, wenn der zu übersteigende Fall nicht mehr als 4 ½ Fufs beträgt, die daher Schiffsdurchlässe oder einfache Stemmthore genannt werden. Diese Durchlässe sind auch daselbst nothwendig, wo in dem Flusse, zur Treibung der Maschinen oder zur Bewässerung, Wehre liegen, und eine hinreichende Ursache vorhanden ist, um welcher Willen der Wasserbaukundige nicht Kammerschleusen anlegen will.

Da ich die Anwendung der Stau- und Kammerschleusen im II. Bande S. 599. u. s. w. abgehandelt habe, so begreife ich hier vorzüglich unter *Schiffsdurchlässe*: mit Balken zu verschliefsende und zum Behuf der Schifffahrt dienende *Durchlässe*, die man unter andern auf der Charente, unter Würzburg und bey Strafsburg, und an mehrern Stellen, wo sie vor dem jetzigen Zustande der Wasserbaukunde angelegt sind, antrift; die letztern sind gewöhnliche Balkendurchlässe. Soll ein Schiff dieselben passiren, so werden die Balken ausgehoben oder ausgelassen, wie diefs bey dem

am Orbflusse liegenden Wehr 2. B. S. 606. gezeigt ist, und sobald das Schiff durch die Oeffnung gegangen, werden die Balken wieder in die in den Seitenwänden gemachten Nuthen eingelegt, um den Strom von Neuem aufzustauen.

§. 176. Folgende Regeln und Maximen sind bey Anlage der Schiffsdurchlässe zu berücksichtigen. 1) Sie können angelegt werden: wo der, oberhalb derselben liegende Flufsbezirk, eine zur Schifffahrt und zur Treibung der Maschinen hinreichende Wassermenge behält, während sie geöffnet sind, und welches wenigstens 30 Minuten dauert; wo nicht, so mufs man sich der Kammerschleusen bedienen. 2) Wenn der zu übersteigende Fall nicht mehr als 4½ Schuh beträgt, weil ein höherer Fall zum Aufwinden oder Aufziehen der Schiffe gegen den Wassersturz, und über die schräg liegende Sohle des Durchlasses, beschwerlich ist: so kann man sie noch anwenden. 3) Da das gegen den Strom den Durchlafs hinauf zu bewirkende Aufziehen des Schiffes mit zweckmäfsig eingerichteten Erdwinden oder mit den Zugmaschinen aller Art, II. B. S. 462., oder auch von Menschen, Pferden und Ochsen, mit Anlegung einer Scheibe oder eines Flaschenzuges S. 461., womit nach einer dem Schiffsgange entgegen stehenden Richtung gezogen wird, indem das Seil durch die Kloben läuft, geschieht: so mufs zu dem Aufzieh-Manöver ein hinreichender Raum vorhanden seyn. *Der Schiffsdurchlafs* ist demnach an einer Uferseite des Stromes, und nicht in der Mitte eines Wehres, bequem anzulegen. 4) In schmalen Flüssen wird man ohne ein, quer durch den Flufs gehendes, Wehr den Durchlafs, dessen Sohle am Ende bis zum hydrotechnischen Abhange des Flufsbettes (I. Band S. 20.) gesenkt, und mit Planken bedeckt werden sollte, machen, wenn derselbe die gesammte Breite des Flusses einnimmt. Am Anfange, wo das Stemmthor oder die Balkenwand eingebracht ist, mufs die Sohle des Durchlasses so tief liegen, dafs die Schiffe beym niedrigsten Stande des Flusses, noch einen zu ihren Fortkommen hinreichenden Wasserstand finden, und so wird dann hiernach der Abhang des Grundbettes bestimmt. In gröfsern Flüssen wird an einer Seite des Durchlasses das Wehr angelegt, welches jedoch nach dem im II. B. S. 603. aufgestellten Grundsätzen zur Verhinderung der Ueberschwemmungen, Grundablässe haben sollte.

Einige Schiffsdurchlässe, welche man mit zwey Balkenwänden verschliefst, haben eine ordentliche Kammer, wie denn mein ältester Sohn, auf dem *Tarnflusse* bey *Moissac*, zwischen Toulouse und Bordeaux und an andern Orten dieses Flusses, Durchlässe der Art angetroffen hat. Vielleicht haben sie die erste Idee zu den Kammerschleusen gegeben, und man kann diese Einrichtung zu den Schleusen classifiziren. Das Manöver damit ist dem bey Durchschleusung der Schiffe durch Kammerschleusen ähnlich.

Ehemals hat man, statt der horizontalen Balkenwände, solche Kammern oder auch die Schiffs-Durchlässe mit verticalgesetzten Pfosten geschlossen, und auch diese Einrichtung wird noch in Frankreich und Deutschland angetroffen.

§. 177. Wer die Passage der Schiffe durch die gewöhnlichen Balken-Durchlässe (ohne Kammern) mit angesehen hat, wird zwey Erscheinungen beobachtet haben, die man auch bey allen Freyarchen der Mühlen wahrnehmen kann: 1) die den Durchlaſs durchströmende Wassermasse erhält, vermöge der Acceleration, welche sie durch den Fall über dessen abschüssiges Bett und den Druck des Stromes auf die Oeffnung des Durchlasses, ausübt, eine geringere Höhe, je mehr sie sich von der eigentlichen Balken- oder Schutzöffnung entfernt. Diese Senkung der Oberfläche des Stromes im Durchlaſs, verursacht daher der Schifffahrt einen wesentlichen Nachtheil, indem die Schiffe auf die Sohle des Durchlasses aufstoſsen. 2) Die Zunahme der Geschwindigkeit wird besonders dadurch hervorgebracht, daſs die durchströmende Wassermasse aus den engen Profilen des Durchlasses in die weitere Fluſsbahn tritt; und die Sohle einen Fall hat; die Höhe des Wassers nimmt also ab, wenn die Wände des Durchlasses parallel sind. Dieſs letztere beruht auf den unumstöſslichen Grundsatz Band I. Seite 36, daſs sich die Profile, wie die Geschwindigkeiten, verhalten. 3) Bewirkt die durchströmende Wassermasse, bey einer zu kurzen Sohle der Durchlässe, abwärts denselben, eine Wellenbewegung, dehnt sich daher im Flusse seitwärts aus, verursacht also Wirbel und Widerströmen, nicht selten Versandungen, die der Schifffahrt nachtheilig sind.

§. 178. Ich will daher einige Mittel, zur Abwendung dieser Erscheinungen, angeben, und zugleich noch einige Vorsichtsmaasregeln, die bey Anlage der Schiffs-Durchlässe zu befolgen sind, in diesem §. mittheilen.

Diese Erscheinungen werden folgendermaaſsen vermieden: 1) ziehe man die Wände des Durchlasses unterhalb dergestalt zusammen, daſs sie um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Balken- oder Schützöffnung, je nachdem der Fall geringer oder stärker ist, abwärts sich nähern. 2) Da ein Schiff in solchen Durchlässen an jeder Seite 12 bis 18 Zoll Spielraum, wegen des an den Seitenwänden derselben auflaufenden Wassers, haben muſs: so ist erst die untere Oeffnung des Durchlasses, und dann diejenige, worin die Balken gelegt werden, zu bestimmen. Auf dieser geringen Weite müssen auch die Ufer, längs dem Sturzbette des Gerinnes, liegen, und nicht eher divergiren, bis in den Fluſs keine schädliche Seichten Statt finden können. 3) Ist der Fluſs dergestalt mit Faschinenbauwerken einzuschlieſsen, daſs die Schiffe, wo möglich, auf eine Entfernung vom Durchlasse, welche hundertfach so groſs, als der Fall des Durchlasses ist, einen bis drey Schuh Wasser (unter dem Boden) finden, damit der Zug gegen die schnell vom Durchlaſs ausströmende Wassermasse desto weniger anstrengend sey. 4) Ist nach der Erfahrung die Sohle des Durchlasses, folglich auch die Seitenwände, von der zu verschlieſsenden Oeffnung angerechnet, 30 bis 50 mal so lang, als der Fall des Durchlasses beträgt, zu machen, dem unterhalb den Wänden des Durchlasses anzulegenden Sturzbette aber die Länge, welche das zehnfache des Falls, den der Durchlaſs hat, beträgt, zu geben. Diese Maximen sind auch bey der Anlage einzel-

ner Stauthore anzuwenden. 5) Zur Vermeidung der Wirbel an den Seiten eines Wehres, worin ein Schiffsdurchlafs angelegt werden soll, wird die Errichtung eines *Winkel-Wehres* (II. B., siehe im Inhaltsverzeichnifs S. 4. und 601), nothwendig. In dessen einem Ende ist dann der Schiffsdurchlafs und in dem entgegengesetzten das Mühlgerinne, in der Mitte aber die Grund-Durchlässe anzulegen, welche letztere mit Balken zu verschliefsen sind, um sowohl für die Schifffahrt, als für die Mühlen, den Flufs aufstauen zu können. Zweckmäfsiger ist es indessen, wenn man dem Wehre eine Bogenform giebt. Wie man indessen diese Form auch bilden möge, so ist doch bey dem Schiffs-Durchlasse immer dasjenige zu befolgen, was ich über die Länge und die Zusammenziehung seiner Wände gesagt habe. 6) Fast alle bisher erbauten Schiffsdurchlässe und Stauschleusen haben aber leider kurze Wände, bilden einen Wassersturz, und sind daher diesen Grundsätzen entgegen angelegt, machen defswegen auch der Schifffahrt viele Schwierigkeiten. Vor einigen Jahren habe ich diefs im Würzburgischen bey mehrern gesehen, wo man die Durchlässe mit vertical stehenden Pfosten zusetzt. Das Oeffnen dauert $\frac{1}{2}$, das Zusperren $\frac{3}{4}$ und das ganze Manöver des Durchschiffens zwey Stunden, während welcher Zeit die Mühlen stille stehen, das Wasser oberhalb sich, sowohl für die Schifffahrt als für diese Mühlen, zu sehr erniedrigt, so dafs eine bedeutende Zeit verfliefst, bevor diese in Gang kommen, und jene vor sich gehen kann *). Ueberhaupt mufs die Länge der Sohle des Abfalls, unterhalb der Oeffnung oder dem Rücken des Durchlasses, wenigstens dreymal die Schiffslänge betragen, wenn das Schiff nicht an seinem Boden leiden soll. 7) Die Höhe der Seitenwände des Durchlasses ist wenigstens einen Schuh über denjenigen Wasserstand, bey welchem die Schifffahrt auf dem Flusse noch statt findet, zu legen, damit ein höherer Strom darüber hinfalle, und die Ueberschwemmungen von dem Durchlasse nicht befördert werden; da wo aber nur Raum für die Oeffnungen ist, mufs man lieber das Wehr etwas breiter, die Höhe der Seitenwände des Schiffsdurchlasses aber höher, d. i. 12″ über den höchsten Wasserstand legen, denn die Mauern leiden doch immer, wenn der hohe Strom darüber fällt. Zu diesem Ende sind die Schiffsdurchlässe und die Grundablässe den im Landshuter Wehr angebrachten Oeffnungen ähnlich zu construiren, bey hohen Anschwellungen aber bey Zeiten zu öffnen, wodurch also die Vertiefung des obern Flufsbezirkes bewirkt wird, indem das Material durch die Grundablässe des Wehres passirt. 8) Die Sohle der Grundablässe eines solchen Wehres sollte, wie gesagt, zur Vermeidung der Hochgewässer in der Ebene liegen, die der hydrometrisch zu regulirende Flufs mit seinem Bette bilden würde. 9) Zur Ersparung der Kosten mögen die Seitenwände des Durchlasses, wenn man die Kosten an massiven Wänden nicht anwenden kann, so weit als die gewöhnliche Schifffahrtshöhe des Stromes reicht, aus verticalen Holzwänden; unter-

*) Man findet eine ähnliche Einrichtung in Belidors Wasserbaukunst, 2. Theil, §. 1053., worauf ich den Leser nur defswegen verweise, weil ich sie zur Anwendung nicht empfehlen kann.

halb dem Durchlasse, d. i., bey seiner Fortsetzung, aus einem Faschinenbau, der mit in Holzfachwerken eingesetzten Bruchsteinen oder grofsen und kleinen Kieseln, zu bedecken ist. Zweckmäfsiger ist es aber, diese Wände von Werkstücken oder aus einem andern Gemäuer bestehen zu lassen. Sie mögen ferner aus einem Balkenbau gemacht werden, welchem man nach Art der hölzernen Vorsetze, vermittelst hölzernen Anker, die man in eingerammte Pfähle einläfst, verbindet, und deren hintern Fläche man mit Ziegelschutt oder Kiesel, Brocken von Tufstein u. d. gl., wodurch die Wand gegen die Fäulnifs gesichert wird, ausfüllt. 10) Der Boden eines Schiffsdurchlasses sollte aus einem dichten und calfaterten Plankenlager, worunter ein mit Steinen gefüllter Rost zu liegen kommt, oder auch von einer mit auf Pfählen zu befestigenden Plankenlage bedeckten Faschinenbau gemacht werden, weil die Schiffe auf die Steine anstofsen, und diese sowohl, als die Faschinen vom Eisgange fortgerissen werden, oder auch von den herabgerollten Kiesel und vom Strome zu viel leiden, als dafs sie lange Zeit dauern. Ich habe z. B. gefunden, dafs die drey Zoll starken Deckplanken unsre Ueberfallwehre im Lech, nach 3 bis 4 Jahren, ganz von den darüber hinrollenden Materialien abgeschliffen sind. 11) Die Anlage der Schiffsdurchlässe (mit Balken- oder Stauthore) in Ueberfall-Wehren, ist mit Schwierigkeiten, für die Schifffahrt verbunden, weil eben diese Wehre unterhalb Versandungen im Flufsbette verursachen, und sobald sie nicht senkrecht auf den Strom liegen, auch Wirbel und Strömungen hervorbringen; wo es daher thunlich ist, müssen schon oberhalb den Wehren abgesonderte *Seiten-Canäle* gegraben werden, in die man Durchlässe und Stauthore, besser aber Kammerschleusen anlegt, wie ich in der Folge bey dem Vorschlage zu Schiffbahrmachung des Marchflusses zeige. Die Ein- und Ausmündungen solcher Seiten-Canäle müssen aber bequem und hinreichend tief seyn; auch gegen den Angriff des Stromes und von Versandungen geschützt, und durch den Strom selbst gespühlt werden, indem man eine unten nicht vom Boden anfangende Balkenwand in ihre Mündung anlegt. Auf diese Weise entsteht ein Zwischenraum, wodurch das Wasser, vermöge seines Druckes, heftig dringt und den Schlamm fortreifst. Die Länge solcher Canäle mufs, unterhalb der Durchlafsöffnung, wenigstens die dreyfache Länge des Schiffes oder fünfzigmal den Fall des Durchlasses betragen, in vielen Fällen wird das Local eine gröfsere Länge nothwendig machen. 12) Werden die Schiffsdurchlässe unmittelbar in Wehren angelegt, so müssen diese Wehre senkrecht auf die Richtung des Stromes, bogenförmig oder mit zwey Schenkeln (in Form eines Winkel-Wehres) erbaut, und die Ufer mit den Strom zweckmäfsig leitenden Bauwerken gegen Abbruch gesichert seyn. Ueberhaupt ist der Strom dergestalt zu führen, dafs unterhalb eines Wehres weder für die Schifffahrt nachtheilige Wirbel und Widerströme, noch nachtheilige Seichten entstehen, welche gewöhnlich eine Folge von erstern sind. Es mufs demnach der Flufs, unterhalb den Durchlässen, Schützen, Schleusen oder Wehren, zwischen Bauwerken noch enger, als in einem geraden und parallelen Ufer beschränkt werden.

§. 179. Wenn gleich die nach diesen Vorschriften angelegten Schiffsdurchlässe weniger als Kammerschleusen kosten, und die Schifffahrt bey einem 4 ¾ schuhigen Fall noch durch dieselben zulässig ist, so stehen sie doch diesen Schleusen weit nach, und es wird nur wenige Fälle geben, wobey sie, zur Schiffbahrmachung eines Flusses, mit Vortheil anzuwenden sind; öfter zur Flofsbahrmachung! *) Nicht allein, dafs bey Durchlässen die jedesmahlige Gegenfahrt des Schiffes viel Zeit und die Anwendung von mehrern Menschen, von Zugvieh oder Maschinen, folglich Ausgaben erfodert, die man bey ben Kammerschleusen erspart, sondern dafs auch dabey das Leben der Menschen öfters in Gefahr kömmt, und viel Wasser verlohren geht, weil sie nicht früher, als in 30 Minuten zugeschlossen werden können. Ein solcher flufsabwärts liegender Durchlafs erniedrigt daher öfters den Strom bis zum nächsten flufsaufwärtsliegenden dergestalt, dafs, um einem zweyten Schiffe hinreichendes Fahrwasser zu geben, der obere Durchlafs gleichfalls geöffnet werden mufs. Zuweilen wird der Strom, nach Oeffnung zwey auf einander folgender Durchlässe, so reissend, dafs man den untern zusetzen mufs, um stromaufwärts durch den obern zu fahren; Fälle, die sogar bey den Stauschleusen auf der Stecknitz eintreten.

§. 180. Die *Rollbrücken*, oder die *schiefen-Flächen*, auf denen die Schiffe herabgleiten, sind Vorrichtungen, welche der Ingenieur, dem die Schiffbahrmachung der Flüsse übertragen ist, kennen mufs; ich ich will darüber also noch Einiges anführen, wiewohl ich davon bereits in der Canalbaukunde S. 65. Erwähnung gethan habe.

Nur bey Flüssen, die so wenig Wasser haben, dafs die von ihnen getriebenen Wasserräder dessen nicht entbehren können, sind Rollbrücken oder Schiefe-Flächen nothwendig, wenn man durchaus nicht Kammerschleusen anlegen will, die denselben der Ingenieur allemal vorziehen wird. Nie würde ich die Anwendung der Rollbrücken daselbst, wo Kammerschleusen angelegt werden können, anrathen, da ihre Unterhaltung und das Manöver dabey kostbar, für Flüsse von mittlerer Gröfse, noch weit mehr für grofse, sehr verderblich ist, indem sie dieselben aufstauen. Statt der Schiefen-Flächen und der Schächte, die man zur Uebersteigung hoher Wasserfälle in Flüssen vorgeschlagen hat, wird der Ingenieur sich entschliefsen müssen, die

*) Die jetzt bey Mühlwehren bestehenden Flofsdurchlässe liegen zu hoch, sind daher keine Grunddurchlässe, und dennoch lassen die Regierungen davon die Nutzniefsung den Müllern. Diese beziehen nämlich eine Abgabe für jedes durchgehende Flofs. Es sollte aber eine solche Bedrückung des Holzcommerzes nicht geduldet werden, denn die Flüsse gehören der Nation, und nicht den Müllern! Legen diese mit Bewilligung der Regierung Wehre, oder Fachbäume darin an, so sollten jene gehalten seyn, solche Einrichtung zu machen und zu unterhalten, wodurch die Flofsfahrt nicht unterbrochen sey. Sie müfsten also die von ihnen anzulegende Grundablässe mit Balken verschliefsen, um den Mühlen das Wasser zuzuführen, diese Ablässe aber öffnen, wenn es die Flofsfahrt nothwendig macht. Leider bekümmert sich manche zu Spionagen herabgewürdigte Landes-Polizey wenig um solche Anstalten!

Waaren in andere Schiffe umzuladen, und auf dem von dem schiffbahren Flusse bildenden Zwischenraum Eisenbahnen auf Chausseen anzulegen, die in der letzten Abtheilung dieses Werkes beschrieben werden, und worauf die Lasten mit einem geringen Kraftaufwand fortgezogen werden. Insbesondere sind diese bey Cataracten anzuwenden, wo eine Reihe von Schleusen und die Aussprengung des Canals durch Felsen grofse Summen in Anspruch nimmt. Wenigstens könnte man sich mit den Eisenbahnen auf die erste Zeit behelfen!

§. 181. Es sey mir hier noch erlaubt, als einen Nachtrag zum Bau der Wehre, im Allgemeinen und Insbesondere des Landshuter Wehres (s. T. 101. u. 102.) folgendes anzuführen. Im 2ten Bande Seite 683 habe ich den Zweck des bereits ausgeführten grofsen Wehres entwickelt, und von der Anlage eines zweyten Durchlafs-Wehres Tab. 131., in der kleinen Isar, anstatt des jetzt baufälligen Ueberfall-Wehres *u v* (Tab. 102.) gesprochen. Ich habe den Bau desselben fürs Jahr 18$\frac{2}{3}\frac{4}{5}$ in Antrag gebracht, weil das jetzige 12 Zoll über den niedrigsten Wasserstand des aufgestauten Stromes liegende Wehr äusserst baufällig geworden, und weil, ohne den Bau eines neuen Wehres immer meinen, im II. B. aufgestellten, Vorschlägen nicht vollkommen entsprochen wird, folglich der Zweck, d. i., die Abwendung aller Hochgewässer, die (B. 2. S. 622.) niemals höher als 5 $\frac{1}{2}$ Schuh über den niedrigsten Stand des von dem untern grofsen Wehr (Tab. 101.) aufgestauten Stromes steigen sollen, erreicht werden kann. In der kleinen Isar soll also, nach meinem Vorschlage, das auf Tab. 131. Fig. I. bis VIII. gezeichnete Durchlafs-Wehr erbauet werden, dessen Sohle in den Oeffnungen sollte, nach meiner Berechnung, B. II. S. 621 und 622 unter dem niedrigsten Wasserstande des, der Mühlen wegen, aufgestauten Stromes 24 Zoll gelegt werden, folglich 18 Zoll über den Fachbaum des Gerinnes der Weisgärber-Mühle zu liegen kommen. Da die vier mit Balken zu verschliefsenden Oeffnungen Fig. I. und II. 190 Schuh weit werden sollten, der künftige Wasserstand zu 5 $\frac{1}{2}$ Schuh ist: so würde man, wegen der Vorrückung der zwey Seitenwände, welche nothwendig wird, da die alten Uferwände sehr baufällig sind, mithin nicht ohne bedeutende Kosten zu den neuen Seitenwänden eine Gründung abgeben können, eine Schmälerung der Durchlafsöffnungen wählen müssen. Diese ist jetzt unvermeidlich, weil ein Wehr mit massiven Pfeilern doch immer den Vorzug vor dem mit hölzernen Jochen verdient. Ich habe defswegen vorgeschlagen: die Sohle der Wehröffnung anstatt zwey, drey Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande des aufgestauten Stromes zu legen, so, dafs sie sechs Zoll über den Fachbaum der Weifsgärber-Mühle zu liegen kömmt. Das Profil aller Oeffnungen bis zum niedrigsten Wasserstand gerechnet, wird also statt 2 . 190 = 380 Quadratfufs seyn (weil man die Oeffnungen 126,66 Fufs weit machen könnte), 3 . 126,66 = 379,8 Quadratfufs. Da ich nun die Sohle dieser Oeffnungen um einen Schuh mehr senke; so kann für die Geschwindigkeit 14 Fufs, statt 10 Fufs angenommen werden. Die Wehröffnungen bedürfen daher nur einer

Profilweite von $\frac{14250}{14 \cdot 3}$ + 5, 5 = 120 Schuh. Es sollen nämlich bey einer Wasserhöhe von 3 + 5, 5, = 8, 5 Fuſs 14253 Cubikschuh abflieſsen (2. B. S. 621.). Nimmt man also für jede Oeffnung 30 Fuſs Weite an: so entstehen vier solche mit Balken zu verschlieſsende Oeffnungen, folglich drey Pfeiler Fig. II. Tab. 128. Die Dicke eines, massiven, auf einem aus 15 Pfählen und einem Schwellrost bestehenden (Fig. VII.) aufzumauernden Pfeilers betrage (Fig. VII.) sechs Schuh; dessen Enden sollen nach einem Halbkreise (Fig. I.) abgerundet werden, und dessen Länge betrage 18 Fuſs. Der Schwellrost soll 4′ unter dem niedrigsten Wasserstande, folglich 12 Zoll tiefer, als die Sohle der Wehröffnungen liegen. Der eben so, wie bey dem untern groſsen Wehr, einzurichtende Fallboden (Fig. I.) erhält eine Breite von 36 Fuſs, und endigt unten an ein von Faschinen zu machendes Sturzbett; er werde oben von einer Pfahlreihe *a a*, Fig. I. und II., geschlossen. Die Höhe eines Pfeilers betrage, vom Rost an, 12 Fuſs, so daſs derselbe noch 2 $\frac{1}{2}$ Schuh über den höchsten Wasserstand hervorragt. Die zwey, auf einen Pfahlgrund Fig. VIII. zu errichtenden Seitenwände dieses Wehres erhalten auf 18 Schuh Länge, die Höhe der Pfeiler, dann aber werden sie fünf Schuh niedriger Fig. III. Diese Wände sowohl, als die drey Pfeiler, werden, um dem Eisgang etwas auszuweichen, und dann einen Theil des jetzigen alten Wehres als Abdämmung zu benutzen, 10′ vom Ufer zurückgezogen; nach dem Lauf der kleinen Isar gelegt, um unterhalb die Uferabbrüche zu verhindern, und den Abfluſs des Stromes zu befördern. Vier aus Lerchenholz bestehende *Einlege - Balken*, deren Stützständer oben durch ein zu verschlieſsendes und auf dem Pfeiler an einen daran befestigten und in die Steine eingelassenen Eisen festgehalten wird, um jede Oeffnung bis zur 3′ 6″ hohen Stauung zu halten, und so das Wasser den Mühlen zuzuführen. Diesen wird also weit mehr Wasser als gegenwärtig zuflieſsen, weil das Wehr *v v* (Tab. 101.) 2 $\frac{1}{2}$ Schuh niedriger liegt. Da die Bau - Construction dieses Durchlaſs-Wehres aus den Fig. I. bis VIII. Tab. 131. deutlich zu ersehen ist, so bemerke ich nun noch, daſs die Ausführung 17600 fl. kosten wird, und daſs ich darüber einen zur Communication und zum Manöver nützlichen Steg (Fig. II.) legen lassen werde. Endlich bemerke ich, daſs ich bey München ein Durchlaſs - Wehr, anstatt des bey F zu hoch liegenden Wehres (siehe die Karte *c*), zu erbauen, vorgeschlagen habe, um die Ueberschwemmungen zu entfernen. I. B. S. 284., und daſs ich demselben Drehthore geben werde, da seine Oeffnungen nur 16 Schuh weit seyn dürfen. Die Floſsfahrt erhält eine Weite von 21 Fuſs. Nach dieser Ausschweifung komme ich zu den Schiffsdurchlässen zurück, indem ich bemerke, daſs der Bau des Münchner- Durchlaſswehres bereits genehmigt ist, und im May 1814 begonnen wird.

§. 182. Die, eine bedeutende Wassermasse durchlassende Stauschleusen, durch welche die Schiffe gehen, bestehn entweder: aus einem Aufziehschütz, aus einem Thorflügel, oder aus zwey gegen einander stemmenden Thorflügeln, wie dies im II. B. S. 661

gezeigt ist, woselbst ich die verschiedenen zu ihrer Aufziehung anwendbaren Methoden beschrieben habe. Was die verticalen Aufziehschütze anbetrift, so können begreiflich *darunter* nur Schiffe durchgehen, deren Masten sich niederlegen, und die keinen so grofsen Oberbau haben, der bey hohen Wasserständen das Schiff zu hoch stellt. Wegen der Länge solcher Durchlässe giebt alles dasjenige, was bey den mit Balken zu verschliefsenden vorgetragen ist, nähern Aufschlufs. Da die Schützen äusserst unbequem sind, so sollte man sie nirgends mehr anlegen! Auf den *Bacchiglione* im ehemaligen Venetianischen, ohnweit Padua, habe ich noch ein grofses Aufziehschütz zum Behuf der Schifffahrt angetroffen. Dasselbe ist 17′ breit; es wird mittelst zweyer sich auf einer Welle, die man durch ein Haspelrad herumdreht, aufwickelnden Ketten gehoben und herunter gelassen. Die Seitenwände dieser Stauschleuse (ital. sostegno) bestehen aus zwey Pfahlreihen, und nach der Seite gegen die Mühle steht eine ableitende Pfahlwand. Auch auf dem von *Haag* nach *Leyden* gehenden Canal ist beym Leydsen-Damm (Tab. 40.) ein grofses Aufziehschütz angebracht, dessen Gebrauch so unbequem ist, dafs man lieber die Waaren in andere Schiffe umladet. Während dessen Offenstehn würde auch zu viel Wasser von Rhynland nach den Canälen von Delfland überfliefsen.

§. 183. Längs der *Leybach*, im Herzogthum Krain, sind zu Umgehung der Wehre mehrere Canalstücke mit Aufziehschütze, unter der Kaiserin *Maria Theresia*, die sehr viel auf die Schiffbahrmachung der Flüsse und Austrocknung der Moräste verwendete, und auf deren Befehl man grofse Anlagen dieser Art, in der Oesterreichischen Monarchie ausgeführt hat, angelegt worden. Bey dem Schlosse *Kaltenbrunn* hat man nämlich das mit Felsstücken verlegte Flufsbett mittelst eines 480 Klafter langen, 24 Schuh breiten Canals, mit acht Stauschütze oder Halbschleusen, jede mit drey Schuh Fall, umgangen. Die Länge des mit Planken gedeckten Fallbodens, über welchen das Schütz, 15′ von dessen Anfang, liegt, beträgt 48 Schuh. Weiter oberhalb liegt eine Stauschleuse ohne Fall, die das hohe Wasser der Leybach von dem Canal abhält. Das Schütz dieser Stauschleusen wird, mit einem Rade von 18′ im Durchmesser, aufgezogen, auf dessen Welle sich das Zugseil aufwickelt. Damit dieselbe aber an dem, dem Rade entgegengesetzten Zapfen leichter geht, und sich nicht heben kann, so ist daselbst ein Gegengewicht angebracht, das sich in einen Schacht hinabsenkt, während das Schütz aufgezogen wird. Bey der Forstlechnerischen Mühle vor *Laibach* ist ein 240 Schuh langer Canal, zur Umgehung des dortigen Wehres und der Mühle mit zwey ähnlichen Stauschützen, angelegt.

§. 184. Zu den merkwürdigsten Schiffsdurchlässen mit einem Stauschütz an ihrem Anfange und in einem langen hölzernen Canal oder Schiffsgerinne angebracht, mufs der sogenannte *Traunfall* (Tab. 103.) in Oesterreich *ob der Ens*, gezählt werden, und diese Art ist gewifs so alt, als man auf schnellen, natürliche Fels- oder Steinfälle habenden Flüssen, eine Schifffahrt hat. Es war nämlich zur Transportation

des Salzes aus den Salinen von *Gmunden* nach der *Donau*, die Schiffbahrmachung des Traunflusses sehr wünschenswerth. Nun liegt aber da, wo diese Einrichtung besteht, eine Mühle an dem bis 40 Fuſs hohen senkrechten Wasserfall (Fig. 9). Hier stürzt die *Traun* über Felsen, und bildet, bereits beym mittlern Wasserstande, eine äusserst interessante Naturscene, die dem Schafhauser-Rheinfall wenig nachgiebt. Diese Einrichtung, welche ich 1802 und 1812 besah, will ich also hier beschreiben. 1) Längs dem obern Theil des sogenannten *wilden-Falles* ist von *a* nach *b* ein aus Rundhölzern fachweise gemachtes Wehr, dessen Kästen mit Steinen gefüllt sind, angelegt. Es liegen nämlich nach der Queere dieses Wehres vier Lagen Rundhölzer und drey Lagen Längenhölzer, abwechselnd. Diese verschiedenen Lagen sind untereinander, mittelst hölzernen Nägeln und Einkerbungen, verbunden. Bey 1. 2. 3. ist dieses Wehr gegen die Felsen, mittelst einer Holzwand gestützt. Bey 4. 5. lehnt sich dasselbe unmittelbar an Felsmassen. 2) Die Fortsetzung dieses Wehres von *b* bis *c* besteht aus eine Balkenwand, deren unterer Theil auf den Felsen, mittelst eiserner Bolzen, befestigt ist. Das Ganze liegt 2′ 6″ über den niedrigsten Wasserstand der Traun, welches für die Schifffahrt auf diesem Flusse, dessen Geschwindigkeit beyläufig 6 bis $6\frac{1}{2}$ Schuh in der Secunde beträgt, der vortheilhafteste Stand ist. 3) Das Schifffahrtsgerinne *A B* ist von dem Mühlcanal *C D*, vermittelst einer Balkenwand *g e*, abgeschlossen, welches bey einem Schütz *i i* zugesetzt werden kann, sobald es nothwendig wird. 4) Besteht dieses Gerinne aus zwey künstlichen Wänden, und der Sohle, die einen Fall von 48 Schuh hat, welcher sich zur Länge wie $1 : 23\frac{4}{10}$ verhält *). Diese Sohle besteht aus einem Balkenrost, worin die queer liegenden Balken auf 8 Fuſs Abstand angebracht sind. Ueber diese Hölzer liegen drey Schwellen der Länge nach, nämlich an beyden Seiten und in der Mitte eine Längenschwelle. Darüber sind, nachdem die entstandenen Vierecke oder Fächer mit Steinen ausgefüllt wurden, Streckhölzer (Balken) in der Queere gelegt worden, und zwar so dicht nebeneinander, als möglich, die sehr genau behauen und behobelt wurden, damit ihre

*) Nach der §. 178. gegebenen Regel soll dieses Verhältniſs wie 1 : 50 seyn, wonach das Gerinne eine Länge von 2400 Schuh hätte erhalten sollen. Hierdurch würde also die Geschwindigkeit dergestalt verringert worden seyn, daſs der Gegenzug der Schiffe weniger Pferde erfordert, und diese auf der Sohle des Gerinnes nicht so, wie jetzt, gelitten hätten; wenn man auch nicht den bedeutenden Wasserverlust zu berücksichtigen Ursache hätte, welcher aus der jetzigen groſsen Geschwindigkeit und dem starken Abhange entsteht. Nach der weiter unten erwähnten Theorie, über die Geschwindigkeit des Wassers von *Chezy*, welche sich noch am meisten der Erfahrung nähert, würde, bey dieser Verringerung des Abhanges, die Geschwindigkeit 17 Fuſs betragen, und die mittlere Tiefe beträgt deſswegen 20 Zoll, weil die Neigung und Geschwindigkeit verkleinert ist. Auf diese Weise würde also das Gerinne in jeder Secunde 966 — 628 = 58 Cubikschuh weniger Wasser dem Traunfluſs entziehen. Vervielfältigt man diese Geschwindigkeit von 17′ mit dem Queerschnitt von 36 Quadratfuſs, so würde die zur Schifffahrt erforderliche Wassermenge 628 Cubikschuh ausmachen. Das überflüssige Wasser führt aber die Schütze *G H* (siehe den Plan Tab. 103.) ab.

Oberfläche den Boden derer gegen den Strom gehenden Schiffe keinen Schaden zufügen, und die unter die Seitenwände durchreichen. Ueber diese künstlich gemachte und genau gleichförmig, nach dem Abhange, gelegte Sohle, wurde an beyden Seiten eine Wand, aus drey Reihen Balken bestehend, gelegt, und auf diese Weise ein Gerinne gebildet, welches an seinem Anfange 22 Schuh, in der Mitte 18, und unten 17 Fuſs zur Breite, und 4 Schuh zur Höhe hat. Darin finden die in dem Traunfluſs 2 ½ Schuh tief tauchenden, 90 Schuh langen und 8 Schuh breiten 400 Centner tragenden Schiffe, öfters nur 17 Zoll Wasser, folglich berühren sie die Sohle dieses Gerinnes; stärker aber wenn sie aufwärts gezogen werden, als wenn sie abwärts gleiten, weil das schnell strömende Wasser dieselben hebt. Nach den von mir angestellten Beobachtungen betrug die Geschwindigkeit des Wassers in diesem Gerinne in der Secunde (im Jahr 1802) 16, 8 Fuſs, und 1812, 24, 3 Fuſs Wiener Maaſs. Bey der ersten Messung war der Wasserstand bey dem Schütz *i i* = 2 Fuſs über den niedrigsten, und bey der zweyten = 3 Schuh; unten im Gerinne aber nur 18 Zoll. Es führt daher dieses Gerinne $\frac{36'' = 18''}{2} \cdot 291'' \,.\, 216'' = 966$ Cubikschuh. Bey dieser groſsen Geschwindigkeit von 24, 3 Schuh würde das in dem Gerinne herabströmende Schiff zersplittern, wenn auf der Sohle des Gerinnes (in den Fugen der Balken) auch nur kleine Kiesel liegen blieben; über diese Sohle wird daher, so oft es nothwendig ist, mit einem steifen Besen hin und her gefahren. 5) Am Anfange des Gerinnes geht in zwey horizontalstehenden Ständern das 22 Schuh breite und 8 Fuſs hohe Schütz *i i*. Sobald nun ein von oben kommendes Schiff, oberhalb dem Wehr *a b*, ankömmt, wird dieses Schütz aufgezogen. Dasselbe hängt, vermittelst eines Seiles an jedem Ende, an einem Kloben, um welchen das Seil läuft, und so mit einen zweyten, oberhalb an dem Balken des Daches E F (welches über das Schütz liegt) befestigten Kloben, in Verbindung gebracht ist. Von der untern Scheibe dieses Flaschenzuges geht ein Seil über eine Rolle, welches sich um eine Trommel wickelt. Zwey solche Trommeln, die auf einer Welle befestigt sind, werden durch einen Hornhaspel, dessen Trilling in das auf diese Welle gesetzte Kammrad eingreift, in Bewegung gesetzt. Auf diese Weise ziehen zwey bis vier Menschen, je nach der Wasserhöhe, das Schütz in die Höhe. Soll nun ein Schiff den künstlichen Fall oder das Gerinne heraufgezogen werden, so wird das Schütz so viel heruntergelassen, daſs unten im Gerinne ein Wasserstand von 17 Zoll und bey dem Schütz 24 bis 26 Zoll Wasserhöhe bleibt. Von zwey auf der Traun gehenden Schiffen, werden, unterhalb dem Gerinne, die Pferde an ein Schiff gespannt, so daſs ein 400 Centner tragendes Schiff, welches auf der Traun fünf Pferde braucht, zehn Pferde nothwendig hat. Also kann bey 24 Fuſs Geschwindigkeit des Wassers ein Pferd noch 40 Centner ziehen. Ist das Schiff, oberhalb der Sägmühle angelangt, so wird es an einem eingerammten Pfahl mit dem einen Zoll dicken Tau befestigt, dann gehen die Pferde jen-

seits des Trauns, über die zwischen den Mühlen liegenden Brücke, bis *l*, und jetzt ziehet die halbe Anzahl Pferde das Schiff vorwärts unter das Schütz durch und so weiter die Traun hinauf. Auf diese Weise wird also die Schifffahrt, bey Uebersteigung dieses Falls, bewirkt, wozu man 4 bis 5 Kammerschleusen nothwendig gehabt hätte. Da diese Schifffahrt auf kaiserliche Kosten bewerkstelligt wird, so können immer die Pferde von zwey Schiffen bey der Gegenfahrt angespannt werden, ohne daſs hieraus bedeutende Ausgaben entstehen. 6) Es war eine Vorrichtung nothwendig, um die Hochgewässer abzulassen, ehe sie den Schifffahrts-Fall erreichen, diese ist am Anfange des sogenannten Wilden-Falles bey *G H*, mit einem 23 Schuh breiten Schütze bewerkstelligt, welches aufgezogen wird, sobald die Traun das Schiffsgerinne zu übersteigen droht oder oberhalb zu hoch wird. Hier hätte man, statt des groſsen Schützes, eine bewegliche Balkenwand einsetzen müssen, wie ich beym Landshuter Wehr angebracht habe.

§. 185. Einige der *Stauthore* bewegen sich um ihre Wendesäule, bestehen aus einem Flügel, und unterscheiden sich von den gewöhnlichen Flügelthoren dadurch, daſs sie, während man sie gegen den Strom öffnet, nur aus einem Rahmgeribbe, welches aus der Wendesäule, dem Anschlagständer und dem obern und untern Riegel zusammen gesetzt ist, besteht, und zuweilen noch eine oder zwey verticale Mittelsäulen hat. Die Decke des obern Feldes vom Thor bildet den Drehbaum des Thores, dessen Ende, um den Thorflügel mehr Stabilität zu geben, mit einem einige Centner wiegenden Steine beschwert wird. Oberhalb ist an demselben ein Steeg zum Hin- und Hergehen angebracht. Soll dieses Thor den Strom zur schifffahrtsfähigen Höhe aufschwellen, so wird das beschriebene Gerippe, queer gegen den Strom an einem, in der einen Wand eines solchen Durchlasses befindlichen, Vorsprung angelehnt, und die Füllungen oder Falzen werden mit Schutzbrettern oder auf- und abwärts beweglichen Schützen geschlossen, die erstere preſst der Strom an das Thorgebinde. Man hebt dann diese Schütze wieder in die Höhe, sobald das Thor geöffnet werden soll. Die einfachen oberhalb der Fallmauer einer Kammerschleuse stehenden Thorflügel werden eine deutliche Vorstellung hiervon geben, wenn man sich die Plankenbekleidung und Querriegel davon wegdenkt, welche das Aufmachen des Thores gegen den Fluſs erschweren würde. Statt der Bekleidung bringe man also besser Schütze als Schützbretter in jedem Thorflügel an, die in die Höhe gewunden werden, wenn man Willens ist, das Thor zu öffnen, indem alsdann nur der Widerstand, den das flieſsende Wasser dem Thorgebind entgegen setzt, zu überwinden ist. Ehemals setzte man vor solchen Thorgebinden vertical stehende Planken oder Pfosten, womit viel Zeit und noch mehr Wasser verlohren geht; ich würde diese also auch bey kleinen Durchlässen niemals anwenden. In einem schnellen Strome wird das Oeffnen des starken hölzernen Thorgebindes gegen denselben immer noch beschwerlich seyn, man könnte es daher wohl nach sehr kleinen Dimensionen aus Eisen machen, und

auch wohl die Einrichtung treffen, dasselbe, nachdem die Schütze aufgewunden sind, etwas zu heben.

§. 186. Solche Stau-Vorrichtungen, welche man mit Pfosten zusetzt, liegen in Frankreich bey dem Fort François d'aire auf den Lys und ohnweit Quesnoy, welche Belidor in seiner Wasserbaukunst §. 1053. beschrieben hat. In Teutschland sind sie auf dem die Wasserstrafse von Lauenburg bis Lübeck ausmachenden Stecknitzflufse bereits im 14. Jahrhundert erbauet worden. Man sieht sogleich: dafs dieses Thorgebind, bey breiten Oeffnungen, an eine im Winkel gelegene Schlagschwelle angelehnt werden mufs, folglich auch ein Stemmthor machen könne, welches bey Oeffnungen, die weiter als 16 Schuh sind, zweckmäfsig ist. Der Ingenieur-Oberst Hogreve hat daher die *Duckerschleuse* auf der *Stecknitz* mit einem Stemmthore erbaut, dessen Füllungen von Anlegeschützen zugesetzt werden, wenn der Strom angeschwellt werden soll. Die Schlagschwelle ist 8 Zoll höher als der Boden der Stauschleuse; das untere Ende der Wendesäule besteht aus einer Büchse oder Hülse, wie bey den Stauschleusen auf der Charante, und der Zapfen, worüber dieselbe sich bewegt, ist in der Anschlagsschwelle angebracht. Eine Vorrichtung, die bey allen Schleusen, wo der Strom viel Sand bringt, Nachahmung verdient. Jeden Flügel dieser Stauschleuse hat drey Felder oder Füllungen. In jedem Felde werden vier, an 3 Zoll starken Stangen befestigte, einen Zoll dicke Bretter oder Anlegeschütze, in die Falze der verticalen Säulen jener Felder, eingeschoben. Die Schützstangen ragen 2 Schuh über den Drehbaum hervor, und haben auf 4 Zoll Abstand Löcher, wodurch runde Hölzer gesteckt werden können, um die Schütze hoch und niedrig zu stellen.

Die Stauschleusen auf der Stecknitz, oberhalb welchen der Strom 8 Fufs, und unterhalb 4 Fufs tief liegt, die daher einen Fall von 4 Schuh haben, werden wöchentlich dreymal gebraucht, um mehrere Schiffe zugleich durchzulassen. Dieses Manöver erschwert die Schifffahrt, indem es zu viel Wasser gebraucht, so dafs die Schiffe in einigen Wochen nur den Weg von 7 Meilen zurück legen, und es bleibt daher auf der Stecknitz die Anlage der Kammerschleusen wünschenswerth.

Auf der *Charente* hat der Ingenieur *Trasaguet* gleichfalls Stemmstauthore angelegt, deren über die schifffahrtsfähige Höhe des Stromes hervorragender Theil mit einer Plankenverkleidung versehen ist. Jeder Flügel hat zwey Schütze, die man mittelst einer gekerbten Stange und eines Getriebes, folglich mit einer den gewöhnlichen Wagenwinden ähnlichen Vorrichtung, aufwindet. In dem steinernen Drempel sind vermittelst drey hervorstehender Steine, Oeffnungen oder Rinnen angebracht, um den vom Strom herbeygeführten Sand hindurch zu lassen, eine nachahmungswerthe Einrichtung! Solcher Stauschleusen haben 70 zur Schiffbahrmachung der Charente angelegt werden sollen, gröfstentheils sehr zweckmäfsig in langen Seitencanälen, die von dem Flufs abgesondert sind. Sie bilden einen 4 Schuh hohen Fall, und das Schiff wird mittelst Erdwinden gegen denselben angezogen, der Schlagdrem-

pel steht um die Thordicke über die Sohle des Durchlasses empor, und ist abgeschrägt; den Zapfen der Wendesäule brachte Trasaguet unten an, weil sich, wenn die Pfanne oben steht, der Zwischenraum nicht mit Sand anfüllt.

§. 187. *Die Anwendung der Kammerschleusen* zur Schiffbahrmachung seichter und sehr schneller Flüsse hat immer wesentliche Vorzüge vor allen Stauschleusen. Man legt sie entweder unmittelbar in dem Flusse, ohne oder mit Seitenwänden, wie die Schleuse Edet auf dem Flusse Elf in Schweden, und die Schleusen auf dem Rhein unterhalb Utrecht; in einem Wehr, wie zu Gray auf der Saône 2. B. S. 724.; viel besser aber in Seitencanälen, oder endlich unmittelbar ans Ufer des von einem Wehr aufgestauten Flusses. Dieses letztere kann geschehen, wenn in dem Ufer oberhalb dem Stauwehr ein Stemmthor, dahinter ein Bassin, d. i. eine Schleusenkammer, die groſs genug sey, um die Wendung des Schiffes zu gestatten, und endlich unter diesem ein zweytes Stemmthor angebracht wird. Da aber die Sandanlagen in der Nähe eines Wehres nur selten zu verhindern sind, das Schiff beym Austritt aus dem Bassin von dem uber das Wehr fallenden Wasser leiden wird, ja bey Hochgewässern davon angefüllt werden könnte, oder wenigstens schwer dirigirt werden kann: so ist dieſs Schleusen-Bassin mittelst eines über alle Inondationen reichenden, das Bassin einzuschlieſsenden Dammes, von dem Flusse zu trennen, damit der hohe Strom sich darin nicht ergieſse, und dasselbe mit Schlamm oder Sand fülle. Immer sollte diese Einrichtung viel weniger als ein mit einer Kammerschleuse zu versehender Seitencanal kosten, wenn man sich zu ihrer Annahme entschlieſst, weil die Ein- und Ausfahrt in der Nähe eines Wehres, gefährlich ist, und weil diese Einrichtung der Anlage von Seitencanälen mit Kammerschleusen weit nachsteht, ja nur daselbst anzuordnen ist, wo das Local dafür entscheidet.

§. 188. Die Kammerschleusen kann man auch an groſsen Durchlaſswehren, wie das zu Landshut II. B. S 616. anlegen, wenn man ihre Seitenwände nur weit genug fluſsabwärts führt und zusammen zieht, damit die Schiffe unterhalb ein hinreichend tiefes Fahrwasser finden, von dem durch die Oeffnungen des Wehres gewaltig strömenden Wasser in ihrer Fahrt nicht gehindert werden, und so keine Versandung entsteht. Will der Ingenieur allen diesen Bedingungen entsprechen, so wird die Anlage der Kammerschleusen im Wehr selbst oder an dessen einen Seite, fast immer mehr als die vom Fluſs getrennte mit solchen Schleusen versehene Seitencanäle kosten. Er wird sich daher zu einer solchen Einrichtung, mit dem Bassin, nur daselbst entschlieſsen, wo ein Canal, der Felsenwände, der Städte uud Gebäude oder anderer Anlagen wegen, unausführbar ist.

§. 189. Ueberall, wo man auf schiffbahren Flüssen unterschlächtige Räder beybehalten will, müssen also Durchlässe, Schiffsgerinne, Stauthore oder Kammerschleusen augelegt werden.

Aber auf einigen Flüssen liegen sogenannte, das Wasser zum Betrieb der Maschinen aufstauende, *senkbäume*, auf andern *Grundbäume*. Die *senkbäume* liegen einige Schuh über den niedrigsten Wasserstand auf eingerammten Pfählen, oder schwimmen blofs auf dem Wasser, indem sie gegen Pfähle anliegen, oder es liegen auch wohl mehrere Bäume bis 1 Schuh hoch über dem niedrigsten Wasserstand aufeinander, um so das Wasser aufzustauen, und dem Mühlcanal zuzuführen. Einige Senkbäume bestehen aus zwey Reihen, auf 4 bis 8 Schuh Abstand eingerammter Pfähle. Ueber jede Reihe wird eine Holbe eingelassen. Man schiebt dann, je nach dem Wasserstande, die zwischenräume der zwey parallelen, auf 4 Schuh Abstand stehenden, Pfahlreihen, stromwärts, zum Theil oder ganz, mit 8 Schuh breiten Bretter-Tafeln zu, die man in die Pfahl-Nuthen herab läfst; füllt auch wohl den Zwischenraum dieser zwey Wände mit Faschinen und Steinen. Steigt dann der strom, so werden die Tafeln, Faschinen und steine weggenommen. Man sieht leicht, dafs diese Einrichtung für die Flofsfahrt sehr nachtheilig, und mit der Schifffahrt unverträglich ist, und ein förmliches Wehr bildet, welches um der Flofsfahrt willen mit Brettern bedeckt seyn mufs, damit die Flofse darüber hingleiten. Noch nachtheiliger ist die Einrichtung der senkbäume, welche aufwärts *München* an der *Isar* liegen. Dieselben haben nicht einmahl die beschriebenen Oeffnungen und Einsetz-Tafeln. Ihre zwey Wände bestehen aus Dammplanken, welche stets den Strom aufhalten. Es ist daher sehr sonderbar, dafs man diese Wasserstauung, mit der Benennung *senkbaum* bezeichnet, da sie doch ein eigentliches Wehr bildet. Ohne Zweifel haben die Müller diese Benennung aufgebracht, um nur nicht den gehäfsigen Namen *wehr* in den Acten erscheinen zu lassen, und auf diese Weise die Behörden zu täuschen. Also sollten nur die *schwimmenden*- oder *Beweglichen-senkbäume*, welche man, wenn der Flufs steigt, wegnehmen kann, geduldet werden! Die *Grundbäume* sind auf eine Pfahlwand, worin die Pfähle 6 bis 9 Schuh entfernt stehen, dergestalt eingezapfte Balken, dafs sie beynahe den Grund des Flusses erreichen. Ist das Flufsbett ungleich, so dafs zwischen dem Grundbaum und den Pfählen, worauf er liegt, viel Wasser verlohren geht, so wird der Zwischenraum mit Senkfaschinen und Kiesel ausgefüllt. Sie sind da, wo das Rad liegt, mit zwey solchen ein Radgerinne bildenden Balkenflügeln in Verbindung gesetzt. Es sollten diese Vorrichtungen den Flufs nicht über zwey Fufs hoch aufstauen; die Senkbäume sollten immer in geradelinigten Strombahnen so gelegt werden, dafs sie rechtwinkelig über den Flufs gehen, und den Flufs nicht über 6 Zoll bis einen Schuh hoch aufstauen; um weder zur Erhöhung des Flufsbettes, noch zu Ueberschwemmungen die Veranlassung zu werden. Man sollte sie so niedrig als möglich legen, und bey dürrer Jahreszeit darauf eine aus einzelnen Bretter-Tafeln bestehende Wand *aufsetzen*, zu welchem Behuf an jeder Tafel zwey stiele sind, die in die Löcher des Grundbaumes eingesteckt werden.

Mit beyden Wasserkehrungen, das ist, sowohl mit den Senk- als Grundbäumen, wird aber von den Müllern oder Maschinenbesitzern ein großer Unfug getrieben; anfänglich suchen sie die Erlaubniß nach, nur diese für den Abfluß des Stromes minder schädlichen Anlagen errichten zu dürfen, aber bald legen sie Steine und Faschinen davor, setzen Planken darauf, und errichten nach und nach förmliche Wehre, welches um so ungescheuter geschieht, da es in den mehresten Ländern an einer Flußbaupolizey fehlt, und die Wasserbaubeamten, die diesem Unfuge steuern wollen, nicht gehört werden, auch nur selten die Nebenflüsse bereisen dürfen, indem die Ausgaben zu Reisen sparsam zugemessen sind. Als schädliche Beyspiele können die queer in der Isar (oberhalb München) liegenden, für die Floßfahrt so nachtheiligen Senkbäume, so wie die queer in der Rednitz oder Regnitz (zwischen Bamberg und Erlangen) zum Behuf der Treibung derer im zweyten Bande S. 376. beschriebenen Wässerungsräder angelegten Grundbäume, die jetzt wahre Wehre geworden sind, angeführt werden.

III. Ueber die Räumung der Flußbetten von den darin befindlichen die Schifffahrt hindernden Gegenständen.

§. 190. Die zu nachtheilige Seichtigkeit gewisser Bezirke eines schiffbahren Flusses, entsteht entweder durch die übermäßige Weite des Flußbettes, oder ist eine Wirkung der darin liegenden Felsen, einzelnen Bäume, Wurzeln, Pfählen, Sand, Thon, Modder und Kies. Wird nun erwogen, daß die Anwendung von Maschinen und Spühlschleusen, oder gegen den Strom schief gestellten, und flußabwärts durch Steinbeschwerung gesenkter Prahmen (2. B. S. 489.), unter denen das aufgestaute Wasser eine Austiefung zu machen gezwungen wird, *) in ein zu weites Bett, zur Vertiefung

*) Eines ähnlichen, auf eine kurze Zeit die Vertiefung einzelner Stellen bewirkenden Hülfmittels, bedienen sich die Flußschiffer und Floßfahrer. Gerathen sie nämlich auf eine Sandbank, so legen sie am untern Theil des Schiffes oder Flosses eine Planke auf der hohen Kante in den Strom, stemmen sie an das Schiff oder den Floß, und ziehen sie in einer schiefen Richtung, mittelst Seile oder Hacken, gegen den Strom, welcher, damit etwas aufgestaut wird, daher gegen den Floß oder das Schiff anströmt. Auf diese Weise macht man auch wohl den Sand flüchtig, und deßwegen eine größere Tiefe. Diese Planke leistet also im Kleinen, was ein versenkter Prahmen im Großen bewirkt. Eine ähnliche Vorrichtung habe ich im venetianischen und im südlichen Tyrol, an den Wildbächen, gefunden, die auch bey solchen Leitcanälen (Durchstichen) Anwendung findet, deren man sich im flachen Terrain, worüber der Strom sich ausbreitet, und daher nicht in die Tiefe wirken kann, (bey kleinen Flüssen) bedient. Man stellt nämlich Holzböcke, die drey Füsse haben (cavaletti) auf das flache Ufer, und lehnt daran nach der Stromseite 2 bis 3 Zoll dicke Bretter, die auf die zwey vordern Füsse oder Spreitzen des Holzbockes mit hölzernen Nägeln befestigt werden. Auf diese Weise fließt der Strom längs einer Planken-Wand oder zwischen zweyen beweglichen Planken-Wänden. Zuweilen schlägt man aus mehreren Planken eine ganze Tafel zusammen, welche vor die Böcke herunter gelassen wird.

des Fahrwassers, nur sehr precaire Hülfsmittel sind, indem sie die Ursachen der Erhöhung des Flufsbettes nicht auf immer wegschaffen können; welche in dem fehlerhaften Lauf des Flusses gesucht werden müssen: so ist es einleuchtend, dafs, unter diesen Umständen der Ingenieur zu den Flufscorrectionen seine Zuflucht nehmen werde, die ich im nächsten Absatz erwähne, und speziell im 1ten Bande abgehandelt habe.

§. 191. Zur Ausräumung der Steine, Bäume, Wurzeln und Pfähle, und zur Austiefung des Fahrwassers in Felsen wird man, beym niedrigsten Wasserstande, also vorzüglich im Winter und bey zugefrornen Flüssen, sich folgender Methoden mit Vortheil bedienen! Bäume und Wurzeln mögen an ihren schwersten Ende mit Ketten umschlungen, diese mit der Steinklaue und dem Hebekeil 2. B. S. 489., oder der Steinzange (Tab. 100. Fig. 28. 40 und 41.) gefafst, und vermittelst eines auf einem Flofs oder Fahrzeug, oder auch auf festen Grund gestellten Wuchtbaums Fig. 31. gehoben, und dann mit der Erdwinde *h* Fig. 30., mit *Flaschenzügen* (2. B. S. 460.), mit *Heb*- und *Zugmaschinen* 2. B. S. 462 bis 464.; mit dem Richtbaum 2. B. S. 462 und 479.; mit dem *Krahnen* (2. B. S. 463.) oder mit dem *Druckhebel* 2. B. S. 471., und mit an die Kette befestigten Seilen, über das Flufsbett hin, aus dem Strom, an dasjenige Ufer, längs welchem die gröfste Tiefe in der Nähe ist, damit das Wasser die Lasten hebt, und das Manöver erleichtert, geschleppt werden. Zum Ausziehen der Pfähle oder zur Hebung der Bäume kann gleichfalls eine einfache Schraube, eine Heblade oder auch die in Fig. 10. Tab. 100. dargestellte Winde gebraucht werden, wiewohl der Wuchtbaum den Vorzug hat. Sogar mittelst der Ramm-Maschine können Pfähle ausgezogen werden, wie dies im 2ten B. S. 480. gezeigt ist. Auch kann dazu der Hebel auf die im 2. B. S. 478. beschriebene Art angewendet werden. Hat man eine ganze Reihe von Pfählen auszuziehen, so mag der Wuchtbaum über einen an zwey Pfählen mit Klammern befestigten Balken gelegt werden, um den dazwischen stehenden Pfahl auszuziehen.

Sind die Bäume und Wurzeln aber nicht tief in den Grund eingesenkt: so bringt man die Zugseile daran, ohne sie vorher zu wuchten, und windet sie mit der Erdwinde ans Ufer. Auch bedient man sich zur Wegbringung der Steine, des Hebels und der Brechstangen, so wie der Walzen Tab. 100., *a*, *b*, *c*. Der Schlamm und Sand wird mit denen im 2ten B. S. 484. u. s. w. beschriebenen Vorrichtungen aufgefördert, und einzelne hohe Stellen können, im schnell fliefsenden Strome, der die angefangene Vertiefung, wo nicht fortsetzt, doch erhält, mit Ankern (2. B. S. 488.) ausgefurcht werden. Pfähle mögen nach den im 2. B. S. 487. beschriebenen Methoden ausgezogen, mit Wassersägen (2. B. S. 481.) abgeschnitten, oder, wenn sie im tiefen Wasser stehen, aus dem Boden des Flusses heraus gebrochen werden. (2. B. S. 492.) Grofse Steine und Felsen mufs man, je nach ihrer Beschaffenheit, entweder nach der im 2. B. S. 518 — 522. beschriebenen Methode, vermittelst Keilen und

Brechstangen, oder mit Pulver sprengen, und denn mit den beschriebenen Maschinen oder durch Menschenhände gewältigen; zu welchem Behuf auch wohl Rüstungen in den Flufs zu errichten seyn werden.

Auch aus diesen Citationen wird der Leser die Bemerkung folgern: dafs die einzelnen Abtheilungen der Wasserbaukunde untereinander im Zusammenhange stehen, daher alle studiert werden müssen, und dafs diese Materie hier defswegen in der Kürze abgehandelt werden konnte.

IV. Von der Verbesserung des Laufs der Flüsse, in Beziehung auf die Schifffahrt.

§. 192. Die Aufstellung allgemeiner Maximen, zur Behandlung der Flüsse, um ihre Fahrbahrkeit einzurichten, oder zu verbessern, läfst sich aus demjenigen ableiten, was ich in der Flufsbaukunde (siehe den 1ten Band) gelehrt habe; darin habe ich nicht nur von der Natur der Flüsse, sondern auch von den Mitteln gehandelt, womit der Ingenieur die Flufsbahnen zweckmäfsig leitet; Mittel, welche gröfstentheils auf die Schiffbahrmachung der Flüsse eine Anwendung finden. Die Band I. Seite 352 u. s. w. beschriebene und verbesserte Leitung des Nieder-Rheins und der Gelderschen Yssel, stellt hierüber ein lehrreiches Beyspiel auf. Wenn ich nicht überzeugt wäre: dafs eine gedrängte Darstellung der zur Verbesserung der Flüsse (zum Behuf der Schifffahrt) abzweckenden Maximen, das Studium dieser Abtheilung der Wasserbaukunde sehr erleichtert: so würde ich mich nur auf den I. Band beziehen; aber diese Ueberzeugung rechtfertigt eine kurze Wiederholung. 1) Insofern die Gröfse des hydrotechnischen Abhanges von dem Flufsbette, die Gröfse der Geschwindigkeit des Stromes bestimmt, und die Schifffahrt um so mehr erleichtert wird, als diese unbedeutend ist, so wird sich der Ingenieur nur dann zur Geradeleitung der Flüsse (auf lange Strecken) entschliefsen, wenn die Geschwindigkeit des vollufrigten Stromes nicht schneller als 5 Fufs wird (I. B. S. 211.), weil bey dieser Geschwindigkeit ein Pferd mehr, als hundert Centner zieht, folglich die Schifffahrt noch mit Bequemlichkeit betrieben werden kann, weil ferner die gerade Bahn den Umweg, welchen die Schiffe in Flüssen, deren Lauf viele Serpentinen hat, nehmen, dergestalt abkürzen kann, dafs an Zeit mehr gewonnen wird, als an Kraftaufwand verlohren geht, und die Anzahl der Pferde, nach den schnellsten Flufsbezirken, eingerichtet seyn mufs, auch die Fahrt, flufsabwärts, ohne Zugvieh statt findet; und da endlich die Geradeleitung der Flüsse, eine gröfsere Tiefe, (I. B. S. 272.) bewirkt, und die Ueberschwemmungen entfernt, so ist sie vorzüglich, in Hinsicht der Schifffahrt, bey den langsam fliessenden Gewässern, ein vortreffliches zur Verbesserung des Laufes der Flüsse nicht genug zu empfehlendes Hilfsmittel!

Indem also eine reguläre Flufsbahn für die Schifffahrt bequem und vortheilhaft ist, auch die vielen Serpentinen einen längern Weg und Versandungen verursachen, so ist es zweckmäfsig: die schädlichsten zu durchgraben, die der Abführung

der Gewässer und der Schifffahrt unschädlichen zu belassen; denn es ist unthunlich, die Flüsse immer in geraden Bahnen, wie reguläre Canäle, zu führen. Wie man aber die Geradeleitung ausführen müsse, ist im I. B. S. 272. u. s. w. gezeigt worden.

§. 193. Da ein vergröfserter Abhang auch eine vermehrte Geschwindigkeit bewirkt, so mufs man in solchen Flufsbezirken, worin oberhalb für die Schifffahrt schädliche Seichten angetroffen werden, die untern Profile vertiefen und die obere Bahn schmälern. Die mittelst Durchstiche, so wie mit Bauwerken, bewirkten Flufscorrectionen, solcher Flufsbezirke, worin die schädliche Flufsarme versanden, sind bey viel Material führenden Gewässern, von den wohlthätigsten Folgen. Sie halten nämlich das von oben in mehreren Jahren herabkommende Material in den zugeschlossenen Flufsarmen auf, verhindern daher die Erhöhung des Bettes, auf eine zweyfache Weise: nämlich, wie gesagt, dadurch, dafs sie das Material in den bestimmten Depot-Oertern aufhalten, und dann, dafs der Strom, mittelst seines regulären Laufes, eine gröfsere Tiefe und mehr Vermögen bekömmt, die in der Folge herabkommenden Materialien fortzuwälzen. Wie viel urbahres Land liefse sich nicht durch solche Correctionen gewinnen?

§. 194. Hat der in mehrere Arme zerstreute Flufs seine Fahrbahrkeit, d. i. die hinreichende Tiefe verlohren, so müssen die Nebenärme zugebaut werden (I. B. S. 213.) und wie dies bewerkstelliget wird, ist S. 257. B. 1. gelehrt worden. Ist das in einem Flufsarm befindliche Fahrwasser dadurch zu vertiefen, wenn man seine Wassermasse vermehrt, so wird an der Insel ein *schöpfwerk*, oder *separationswerk* (I. B. S. 213.) so angelegt, wie ich dies dort Seite 255 gezeigt habe *). Zur Theilung des Stromes in zwey nicht wieder zusammen treffende Flufsäste, mufs das Separationswerk dergestalt gelegt werden, dafs jedem Flufsaste eine für die Schifffahrt hinreichende Wassermasse zugeführt werde, worüber im I. B. S. 218. die Maximen gezeigt sind.

§. 195. Wenn gleich die für die Schifffahrt der Flüsse so schädlichen Versandungen des Bettes auch durch die Geradeleitung oder Einschränkung der Bahn verhindert werden, wie im I. Bande gezeigt ist, so glaube ich doch hierüber noch einiges anführen zu müssen.

1) In so fern ein Flufs dem andern (in der Nähe ihrer Vereinigung) die Geschwindigkeit dergestalt verringern kann, dafs darin für die Schifffahrt schädliche Seichten entstehen; so mufs die Vereinigung beyder Flüsse unter dem möglichst

*) In einem schmalen, die Schiffe aufnehmenden Flufs-Arme mufs das Separationswerk, an seiner Spitze, aus Pfahlwänden bestehen, worin Pfahl an Pfahl eingerammt ist, weil die Schiffe auf das eine grofse Böschung erforderliche Faschinenbauwerk auflaufen. Ein Beyspiel giebt das oberhalb Wien, bey Nufsdorf, liegende Separationswerk, welches jedoch stromaufwärts, und weiter in die Donau hinein, verlängert werden sollte, um dem Wiener-Canal eine gröfsere Wassermasse (seiner Seichtigkeit wegen) zuzuführen.

spitzen Winkel geschehen, (B. I. S. 218). Wenn aber in einem Flufsbezirk in der Nähe der Einmündung eines Nebenflusses, in Hinsicht der Schifffahrt, eine geringere Geschwindigkeit vortheilhaft ist, mache man die Vereinigung stumpfwinkeligt. Diese letztere Maafsregel läfst sich aber nur selten mit den übrigen Rücksichten beym Flufsbau vereinigen; denn sie hat gewöhnlich, Ueberströmungen und Erhöhungen des Bettes, von dem Neben- oder Hauptflusse, zur Folge. Letztere entstehen dabey nur in dem Falle nicht, wenn die Flüsse weder groben Sand noch Kiesel führen! Zuweilen ist eine solche stumpfwinklichte Einmündung der Nebenflüsse in den Hauptflufs auch für die Schifffahrt, auf letzterm, äufserst nachtheilig, weil sie in der Nähe der Mündung des Nebenflusses Widerströme verursacht, die die Einfahrt darin und die Fahrt in den Hauptflufs gefährlich machen. Ich werde dies im nächsten Kapitel durch ein merkwürdiges Beispiel an der Einmündung des Marchflusses in die Donau, bey Theben, näher erörtern. Bey einem solchen Local mufs daher die Trennung beyder Flüsse, mittelst eines Bauwerkes, dergestalt bewirkt werden, dafs dasselbe ihren Lauf in dessen Nähe zweckmäfsig regulire. Auch die vorgeschlagene Verbesserung der Rhone, oberhalb dem Canal von Beaucaire, giebt ein merkwürdiges Beyspiel solcher Unternehmungen.

3) Flüsse, die sich ins Meer ergiefsen, und in welchen die Fluth eintritt, sollten eine, ihren Stromsectionen angemessene Mündung, und oberhalb nicht Seitenäste erhalten, um eines Theils ein hinreichend tiefes Fahrwasser zu haben, und andern Theils so weit aufwärts, als möglich, die Einwirkung der Fluth zu erfahren. Diese letztere Absicht erleichtert nämlich die Schifffahrt aufserordentlich, weil der Schiffer entweder von der Ebbe oder von der Fluth, den schnellen Gang des Schiffes bewirken lassen kann. Das wichtigste über diese Maxime (Band I. S. 400 bis 429.) gezeigte Beyspiel legen uns die untern Flüsse Hollands vor Augen.

3) Soll die Seichtigkeit eines Flusses durch einige in dessen Bahn hineingelegte Bauwerke vermindert, d. i. eine tiefere Bahn hervorgebracht werden, indem man die Stromsectionen, durch Bauwerke und Dämme (B. I. S. 229 — 240) schmälert, folglich das zur Austiefung des Bettes erforderliche Vermögen des Stromes hervorbringt: so mufs der Ingenieur die auf den Stromstrich perpendikulär liegenden Werke vermeiden, weil dieselben ungleiche Tiefen und Widerströme, woraus die Schiffe nur mit Mühe herauszubringen sind, verursachen. Also lege er declinante, mit Flügel- und Fangkribben (I. B. S. 238) versehene Werke an. Es sind demnach die in den Strom hineingehenden isolirten Kribben (in Hinsicht der Schifffahrt) möglichst zu vermeiden.

4) Niemals wende man aber die gegen alle Erfahrung streitende Methode an, welche darin besteht, die Kribben *gegen den Strom zu legen*. Solche Werke verursachen Wirbel über Wirbel, hier seichte, dort tiefe Stellen, und bringen daher das Flufsbett recht in Unordnung; ein Beispiel geben die so in dem *Lint-canal* in der Schweiz angelegten Werke.

5) Die Seichtigkeit oder Versandung der Flüsse, wird auch dadurch entfernt, dafs man ihre Sand- und Kies-Ufer *a)* nicht von Buschwerk entblöfst, *b*) diese Vorsicht bey denen in dieselben sich ergiefsende Bäche und Gebirgswässern beobachtet, ferner *c*) in den letztern, solche das Steingerölle zurückhaltende Thalsperren anlegt; *d*) alle für den Lauf der Flüsse und Bäche unschädlichen Kiesbänke, Inseln und Vorufer mit Weiden und Pappeln bepflanzt, (siehe I. B. S. 219. u. s. w.), und endlich den gewöhnlichen Strom, zwischen aus Faschinenbau bestehenden Leitdämmen führt, zur Zurückhaltung der Hochgewässer von den Uferlanden, aber hohe Dämme anlegt.

§. 196. Da für die Schifffahrt, bey langsam fliefsenden Gewässern, eine gleichförmige Tiefe und Geschwindigkeit äufserst vortheilhaft ist, weil alsdann der Strom der ganzen Länge des Flusses nach, die geringste relative Geschwindigkeit hat, so müssen die Bauwerke dahin abzwecken: dem Bett, auf dessen gesammte Länge, einen gleichförmigen Abhang zu verschaffen. Da, wo also das Bett einzelne Erhöhungen hat, wird man durch diese Maafsregel eine gröfsere Geschwindigkeit oberhalb denselben hervor bringen, eine geringere aber, wo das Bett stärker fällt, wie unterhalb, als der gleichförmige der gesammten Länge entsprechende Abhang des Bettes in dieser Flufsstrecke hervor bringen würde. Strömte die Wassermasse über das gleichförmig fallende Flufsbett in Hinsicht der Schifffahrt zu schnell: so müfste man sich zu der Anlage einzelner Erhöhungen oder Wehre entschliefsen, welche den partiellen Abhang, d. h. den Abhang einzelner Flufsbezirke verringern, und die Schifffahrt durch Wehre, mittelst Kammerschleusen oder Schiffsdurchlässen, errichten. Die in dem Wehre anzulegenden Grundablässe, welche keinem Wehre fehlen sollten, werden die schädlichen Anschwellungen des Flusses verhindern, und der dadurch ziehende Strom wird aus dem obern Flufsbezirk, die daselbst sich in der Flufsbahn gelagerten Materialien (während die Grundablässe verschlossen waren), fortführen. Diese Einrichtung trägt daher wesentlich zur Erhaltung des Fahrwassers bey, und kann auch in dieser Hinsicht nicht genug empfohlen werden. Das beste Mittel bleibt hierbey, die Wehre für sich und mit ihren Grundablässen bestehen zu lassen: längs denselben aber Seitencanäle mit Kammerschleusen anzulegen. *)

§. 197. Da die Schiffe so viel als möglich von den Ufern entfernt zu halten sind, um nicht an Bauwerke und Buschwerk zu stofsen, worüber das Zugseil weggleiten mufs, (dies kann nicht gut geschehen, wenn die Fahrstrafse in der Nähe des

*) Zur Reinhaltung der durch Städte fliefsenden Canäle, sollte, bey jeder Mühle, bey jeder Maschine, ein hinreichend breiter Grundablafs angelegt und geöffnet werden, wenn aus dem Hauptflufs, von dem diese Canäle abgeleitet sind, eine zu ihrer Spühlung hinreichende Wassermasse gezogen werden kann. Ein Mittel, das bey den Canälen von München höchst nothwendig ist; dadurch würde man die jährliche, sehr kostspielige Aushebung des Schlammes aus diesen Canälen ersparen, wenigstens sie nur alle drey Jahre vornehmen dürfen. Anlagen der Art finden aber übesall grofse Schwierigkeiten, weil man ihren Nutzen verkennt, und das Privat-Interesse gegen den Vortheil des Gemeinwesens stets wirksam ist!

Ufers geht) so werde die Stromrinne (der Thalweg) in die Mitte des Bettes gebracht, welches mit dem im I. B. S. 210. angezeigten Verfahrungsarten zu bewerkstelligen ist. Ja für die Schifffahrt ist es äufserst vortheilhaft, wenn dieselbe, das ist auch der Stromstrich, sich in der Mitte des Flusses befindet, weil alsdann der Schiffszug von keinen Widerströmen gestört wird, und die Strommasse, zwischen je zwey Nebenflüssen, sich dem hydraulischen Beharrungsstande öfters nähert, d. i. mit der möglichst geringsten Geschwindigkeit fliefst, wo hingegen einzelne Erhöhungen des Bettes bald eine Retardation, wegen des stärkern Falls unterhalb aber eine, der Schifffahrt öfters nachtheilige Beschleunigung des Stromes hervorbringen.

§. 198. Die Einrichtung mit den Jochen oder Pfeilern der Brücken hat einen wesentlichen Einflufs auf die Schifffahrt! Sie sollten so weit als möglich von einander entfernt werden, und die Stromsection nicht schmälern, folglich weder einen für den Schiffszug nachtheiligen Aufstau des Stromes bilden, noch eine zu grofse Geschwindigkeit verursachen; diese Sache habe ich I. B. S. 214 u. 215 u. s. w. durch ein Beyspiel anschaulich zu machen gesucht. Auch die Form der Brücken-Pfeiler und ihre Umgebungen, so wie die der Joche, müssen den Strom dergestalt spalten und leiten, dafs er weder Wirbel noch Wasserpafswechsel erhält. Zu diesem Zweck lege man die Pfeiler und Joche in der Richtung des Stromes, gebe den erstern vorne ein Kreisstück und lasse ihre Enden aus einem oder zwey Kreisstücken bestehen. In so fern ich diesen Gegenstand in der Brückenbaukunde näher erörtere, so sey diese Anführung hier hinreichend, und ich will nur noch über die Höhe der Brücken folgendes anmerken. Auf vielen Flüssen, selbst auf der Donau in Schwaben und Baiern, sind auch die elenden und niedrigen Brücken, ein Hindernifs für die Schifffahrt. Sobald der Wasserstand fünf Schuh über den niedrigsten steht, der eigentlich der beste zur Fahrt stromabwärts ist, weil der Strom noch in seinem Ufer fliefst, so können die grofsen Schiffe, selbst die sogenannte Ordinarie, welches ein Schiff ist, das wöchentlich von Ulm nach Wien geht, nicht fahren. Die Schiffschnäbel stehen nämlich 8 ½ Fufs aufser Wasser, und die auf den Schiffen gesetzten Hütten stehen noch 1 ½ Fufs höher. Die Strafsenträger dieser über alle Vorstellung schlechten Brücken liegen aber nur 13 Schuh über den niedrigsten Wasserstand, so dafs die Schifffahrt bey einem Wasserstande von 3 ½ Schuh (über den niedrigsten) nicht mehr statt findet, da sie doch noch bey fünf Fufs gehen kann. Man sieht daher, wie nothwendig zur Bestimmung der Höhe der Brücken eine Verordnung sey, die ich bis jetzt nicht habe durchsetzen können!

§. 199. Für die unschädliche Abführung der Hochgewässer, in Beziehung auf die Uferlande, und zur Vermeidung des, die Schifffahrt störenden Austritts der Gewässer aus ihren Ufern, mufs (zuweilen) der Strom zwischen zwey von den Ufern ent-

fernten Dämmen fliefsen. Die durch Bauwerke zu begränzende Strombahn werde also den Entfernungen der natürlichen Ufer einer parallel und geradlinigten Bahn, beym mittlern Wasserstande gemessen, gleich gemacht; die Entfernung der hohen Dämme sey aber der Weite gleich, auf welcher diejenigen hohen Ufer, längs parallelen und geradelinigten Flufsbezirken, über die die Hochgewässer niemals emporsteigen, liegen; dies ist die einzige in der Ausübung anwendbare Maxime (siehe I. B. S. 564 u. s. w.). Man sollte sie häufiger, als es jetzt geschieht, anwenden; so dafs die Flüsse gewöhnlich eine geringe Breite erhielten, folglich ihr Bett nicht von Kies und Sand angefüllt seyn würde, und der Strom hinreichend tief für die Schifffahrt seyn müfste. Stiege der Flufs über seinen mittlern Stand, d. i. bey unsern grofsen Flüssen über 5 bis 6 Fufs, so fände er, zwischen den Dämmen, einen freyen Spielraum, ohne Städte, Dörfer und Fluren zu verwüsten, die Eisgänge könnten sich nicht in Eisdämme setzen, und alle Gefahren wären abgewendet. Uebrigens verweise ich defswegen auf die im I. Bande Seite 112 vorgetragenen Maximen.

§. 200. Vermindert wird die mittlere Geschwindigkeit eines Stromes, wenn er den hydraulischen Beharrungsstand erreicht hat (B. 1. S. 31); dieser ist nämlich derjenige Zustand des Stromes, wobey sich alle möglichen Stromsectionen, wie die mittlern Geschwindigkeiten verhalten: denn der Flächen-Inhalt der Stromsection mit der mittlern Geschwindigkeit multiplicirt, giebt die durch ihr abfliefsende Wassermenge. Wenn also die Wassermengen der Strom-Sectionen ungleich sind, so ist auch der Strom nicht im Beharrungsstande, und die obern müssen, nach der Hydrometrie, auf die untern einen Druck ausüben, der also nothwendig verringert werden mufs, jemehr sich die Bewegung des Stromes dem hydraulischen Beharrungsstande nähert. Sonach wird der Strom, wenn er diesen Zustand erreicht hat, bey gleichen Wasserhöhen, am langsamsten fliefsen. Hieraus gehet demnach hervor: dafs eine gleichförmige Geschwindigkeit des Stromes die bequemste für die Schifffahrt ist; insbesondere wenn man den Zug des Schiffes berücksichtiget, der dabey mit einer geringen Kraftanwendung geschehen kann; also wird die Schifffahrt, während dieser Zustand des Stromes eintritt, bey sonst gleichen Wasserständen, zum bequemsten seyn.

§. 201. Ein vorzügliches Hindernifs der Schifffahrt auf schnell strömenden Flüssen sind die sogenannten Strudel-Wirbel oder Widerströme *), welche daselbst statt finden, wo der Flufs aus einem engen Profil in ein weites übergeht. Einen der gröfsten Widerströme findet man auf der Donau in Oesterreich, welcher unter dem Namen des Donauwirbels und Strudels bekannt ist. Diese Widerströme lassen

*) Will der Schiffer einen solchen Strudel passiren, so mufs er genau die Mitte, oder da, wo sich die Wasserwirbel spalten, einhalten, sonst wird das Schiff in dem einen oder andern Wirbel hineingezogen, worin es leicht untergehen kann.

sich nur mit Bauwerken dergestalt verlegen, dafs die Profile des Flusses sich allmählig erweitern. Es mufs daher in die Concavität, worin der Widerstrom sich befindet, ein an die enge Flufsstelle sich anschliefsendes Werk hineingelegt werden. Wo sich zwey solche Concavitäten der Ufer befinden, müssen dieselben mit zwey, den Strom regelmäfsig leitenden Anlagen durchschnitten werden: denn der in die zwey Concaven eintretende Strom dreht sich in beyden in Wirbel, die an derjenigen Stelle, wo die Concavitäten aufhören, zusammenkommen, die Oberfläche des Stromes erheben, und dann abermals nach den Seiten ablaufen. Wie ich eine für die Schifffahrt schädliche Widerströme hervorbringende Concave mit einem Faschinendamm, dessen vordere Böschung mit Steinen bedeckt ist, durchgebaut oder abgeschlossen habe, dies ist im ersten Bande Seite 306 gezeigt worden. Gegenwärtig lasse ich nach dieser Maxime den Lauf der Isar, unter dem sogenannten *Fall*, verbessern; die Steinsprengungen sind in Arbeit, und in der Concave wird ein Werk durchgeführt.

§. 202. Oefters liegen in dem Flufsbette Felsen und grofse Steine, welche Wasserstürze verursachen, und den Schiffen den Weg versperren, oder wenigstens die Schifffahrt sehr erschweren. Darin ist — wenn dem Flufs keine andere Bahn gegeben wird — eine für die Schifffahrt hinreichend breite *Wasserstrafse* auszusprengen, oder es sind die einzelnen Steine fortzubringen. *Dieselbe* ist an derjenigen Seite, wo sie in der fortgesetzten Richtung der Stromrinne zu liegen kömmt, und eine für die Schifffahrt bequeme Aus- und Einmündung erhält, zu bewirken. Die dem Landufer gegenüberstehende Wand einer solchen ausgesprengten oder von Steinen gereinigten Schifffahrtsstrafse, ist mit den ausgesprengten grofsen Steinen, nach Art der trockenen Mauern, regelmäfsig aufzusetzen, und zwar wenigstens 2′ über denjenigen Wasserstand, bey welchem die Schifffahrt noch statt findet. Wo aber die Wasserfälle über ein thonigtes Erdreich gleiten, müssen den Strom leitende Faschinen- oder andere Bauwerke dergestalt angelegt werden, dafs sie ihn in eine für die Schifffahrt bequeme Wasserstrafse und in den untern Theil des Flufsbettes, unschädlich für die Ufer leiten; im Fall dem Flusse, mittelst Durchstichen, keine neue Richtung zu geben ist.

§. 203. Wenn aber diese Felsensprengungen und Bauwerke dennoch den Fall des Flusses nicht dergestalt verringern, so dafs zur Uebersteigung desselben eine Kammerschleuse oder mehrere nothwendig werden, und zu kostbar sind, oder ein vorhandenes Wehr die Schifffahrt im Flusse selbst unterbricht, so ziehe man (wo möglich) längs dieser Stelle einen eigenen Canal, und lege in demselben Kammerschleusen an! Diese letztern werden nur dann vermieden werden können, wenn der Ingenieur dem Seiten-Canal eine solche Länge zu geben im Stande ist, wobey der Abhang dergestalt vermindert wird, dafs die Geschwindigkeit für die Gegenfahrt nicht

zu grofs werde, und weder dieser Abhang noch die Anlage eines Schiffsdurchlasses, zulässig ist. Wo aber das Terrain die Weite für den Canal versagt, wird man sich zu der Anlage eines Fahrtgerinnes, wie das am Traunfall vorher beschriebene, entschliefsen müssen.

§. 204. Auch die sehr engen Profilstellen und vorzüglich die in den Flufs hineinstehenden Ecken, setzen der Schifffahrt grofse Hindernisse entgegen, weil sie die Geschwindigkeit des Stromes sehr vergröfsern, folglich nicht selten Wasserstürze und Widerströme verursachen. Dieselben sind daher abzusprengen, wenn sie aus Steinen und Felsen bestehen, oder auszugraben, wenn es Thon- und Erdufer sind.

§. 205. Da die Schiffmühlen nicht nur Widerströme, Ueregelmäfsigkeiten des Bettes und Uferabbrüche verursachen, sondern auch der Schifffahrt sehr nachtheilig sind, so bleiben sie mit einer guten Benutzung der Flüsse unverträglich, und können höchstens nur an dem, dem Ziehwege gegenüberstehenden Ufer geduldet werden; keineswegs aber, wie so häufig geschieht, vor demjenigen Ufer, worauf der Ziehweg geht.

§. 206. Flüsse, welche — zur Wasserstrafse, während der Jahrszeiten, worin die Wasserfahrt geschieht, zu dienen bestimmt — selbst dann noch zu seichte sind, wenn man darin Wasserstauungen und Schleusen anlegt, oder die mit Anwendung aller Kunstmittel in ihrem Laufe nicht dergestalt gemäfsigt werden können, dafs sie, beym niedrigsten Stande, eine geringere Geschwindigkeit als fünf Schuh in der Secunde (im Stromstrich) erhalten, oder die endlich den gröfsten Theil des Sommers aus ihren Ufern treten: sollte man niemals schiffbahr machen wollen, sondern längs denselben einen über die Hochgewässer zu erhebenden Canal anlegen, welches Verfahren jederzeit, bey den kleinern, sehr schnellen Flüssen und den Bergflüssen, anzurathen ist.

§. 207. Welche Vorrichtung man zur Schiffbahrmachung eines Flusses, worin Wehre liegen, auch wählen mag: so mufs doch stets dabey für die dem Uferlande unschädliche Ablassung des hohen Stromes gesorgt werden. Man wird daher nicht selten genöthigt seyn, ausser den Seiten-Schifffahrts-Canälen, noch abgesonderte Entwässerungs-Canäle anzulegen, wie dies bey der Schiffbahrmachung des Marchflusses beschrieben wird, und worauf ich den Leser verweise.

§. 208. Zur Schiffbahrmachung der Flüsse gehört noch die Anlage der Flufshäfen, worüber ich im II. Bande die Grundsätze vorgetragen habe, die man bey dem verschiedenen Local anwenden wird. Immer sind kleine Flufshäfen besser, als keine, und ich habe defswegen im Darmstädtischen, bey dem Dorfe Stockstadt, einen kleinen Flufshafen am Rhein angelegt, der nach Erfordernifs ausgedehnt werden kann. Gegen die hohen Ergiefsungen des Stromes ist er von einem Damm geschützt.

§. 209. Jetzt will ich noch einiges von den über die Geschwindigkeit der Flüsse erschienenen neuesten Theorien anführen, weil die langsam fliessenden Gewässer zum bequemsten für die Schifffahrt sind. Der Ingenieur mufs daher ihren Abhang und ihre Geschwindigkeit zu verringern trachten. In dem I. Bande Seite 157 habe ich bereits die Schwierigkeiten gezeigt, welche die Berechnung der Geschwindigkeit: aus dem Abhange, der Tiefe und der bewegten Fläche hat, und dafs man hierüber, bey den Flüssen, keine mit der Erfahrung übereinstimmende Theorie erhalten wird. Indessen bleibt doch für den Ingenieur die Bekanntschaft mit den vorhandenen Theorien wichtig genug! Ich will daher an die im I. Bande S. 168 u. s. w. vorgetragenen Theorien noch einige neuere anknüpfen und dieselben mit den gemachten Beobachtungen vergleichen. Sonach ist eine Uebersicht dieser letztern wichtig, weil sie uns näherungsweise von dem Abhange, der Wassermenge und Tiefe auf die Geschwindigkeit des Stromes schliessen lassen, und die strikte Anwendbarkeit der Theorien widerlegen. Wir erkennen hieraus auch den wichtigen Einflufs, welchen die Tiefe und Wassermenge auf den Lauf der Flüsse hat, indem die Retardation der Geschwindigkeit des Stromes von der Adhäsion, die das Wasser an dem Bette erfährt, wesentlich abhängt. Ein seichter Strom wird daher, bey gleichem Abhange eine geringere Geschwindigkeit haben, als ein tieferer. Folgende Beobachtungen zeigen dies sehr bestimmt.

Nr. I.

Nahme des Flusses, worin die Beobachtungen Statt fanden.	Flufsbezirk.	Verhältnifs der Neigung zur Länge wie 1 zu	Mittlere Geschwindigkeit in Schuhen	Mittlere Tiefe in Schuhen	Profil-Gröfse in Quadrat-Schuhen	Wassermenge in Kubik-Schuhen
Rhein	Seite 74 I. Band . .	3922	4,56 *)	—	—	rheinl. M.
—	bey Erfelden Tab. 3. I. Band, Seite 40	2400	3,56	22,8	21017	74883
Niederrhein .	unterhalb der Yssel bis Arnheim	11952	3,54	14	9108	32309
—	von Arnheim bis Lexensfähre	13961	—	—	—	—
Yssel	nach d. Profil *DD* T. 14.	5729	2,98 **)	4	1161	2851
—	—	5729	4,12 ***)	11,5	11328	46683
vertheilter Niederrhein . .	nach der Section *FF* Tab. 14.	11952	3,10 4*)	7,5	4419	13727
—	—	11952	4,04 5*)	11,9	8410	34143
Oberwaal . .	Byland'scher Durchstich Tab. 24. . .	3789	—	—	—	—
Waal	v. Milling 14580 Schuh abwärts	11603	4,15 6*)	15	26421	109787
—	—	7728	3,85	16,4	19123	7384
—	bey Millingen . . .	11603	4,4	15,6	—	—
Pannerd's. Canal	oberhalb Gelderscheort	7733	4,60	12	7190	33767
Yssel	nach d. Sect. *EE* Tab. 14.	—	2,45 7*)	4	1161	2851
—	Ibidem	—	4,90 8*)	9,2	2875	41234
Geldersche Yssel	Neue Mündung . .	6914	2,91	—	—	—
Mayn	bey Frankfurt . . .	3125	2,45	—	—	—
Landgraben .	unweit Hessen-Darmst.	3520	0,55	—	12	—
Isar	bey München S. 287. I. Band	397 476	10,33 7,86	—	—	— Baieris. M.
Salzach . . .	S. 338. II. Band . .	721,6	5,07 9*)	4	360	2252
March	von d. Gödinger Wehr b. z. Kopzaner Fähre	4941	1,37	5,75	654	Wiener M. 1046
Siehe das folgende Capitel, wovon mehrere in diesem Flusse angestellte Messungen vorkommen.	von da bis zur Brodskoer Fähre . . .	4724,4	1,66	3,83	379	758
	von da bis zur Taya	5464,8	1,66	4,00	444	684
	von da bis zur Hohehenauer Fähre .	5464,8	1,71	6,50	1053	1579
Donau . . .	oberhalb Theben .	2026	5,25	—	—	—

*) Die Geschwindigkeiten wurden beobachtet, bey 5 Schuh Pegel, d. i. bey 5 Schuh über den niedrigsten Wasserstand. **) Bey 3 Schuh 9 Zoll. ***) Bey 11 Schuh. 4*) Bey 3 Schuh 9 Zoll. 5*) Bey 11 Schuh. 6*) Bey 9 Schuh. 7*) Bey 3 Sch. 9 Z. 8*) Bey 11 Sch. 9*) Bey 1 Sch. Pegel.

210 Die in dem ersten Bande über die Geschwindigkeit fliessenden Gewässer nicht vorgetragenen Theorien sind von Chezy, Girard, Prony, Eitelwein und die neueste von Langsdorf.

Nr. II. Beobachtungen über die Geschwindigkeit fliefsender Gewässer, verglichen mit den Resultaten der neuesten Theorien.

Mittlere Geschwindigkeit in Schuhen.	Nach der Theorie: des Chezy *) (Eitelwein)	des Buat (Langsdorf)	des Girard.	des Prony.	Nach der Erfahrung.
Der Salzach .	10,65	7,57	11,44	8,27	5,07
Im Schiffsdurchlafse am Traunfall Tab. 103.	25,20	33,7	42,4	27,8	24,3**)
Im Flofsdurchlafs-Canal am Lech bey Landsberg	7,70	32,8	40,7	26,7	15,8
Der March . .	2,80	2,6	3,6	2,9	2,1
Des vertheilten Rheins . . .	2,82	2,4	3,61	2,92	4,05
Des Niederrheins unter der Stromscheidung . .	4,00	3,77	5,66	4,26	4,12
— — — —	3,00	2,62	4,00	3,18	3,54
	Nach dem Werke von Buat.				
Eines rechtwinklichten Canals	2,10	2,2	2,54	2,2	2,3
Des Canals du Jard	1,72	1,56	1,89	1,76	1,45
Des Flusses de Hayne . . .	1,06	0,84	0,87	0,98	1,13

*) Man würde sich eines Fehlgriffes schuldig machen, wenn man die in der Formel des Chezy nur für regulaire Gerinne gültige Constante 91 abzuändern suchen wollte, um diese Formel den bey Flüssen beobachteten Geschwindigkeiten anpassender zu machen, indem die Abweichungen der nach der Chezyschen Theorie berechneten Resultate, wie wir sehen, bald negativ, bald positiv sind. Dieses entsteht aus dem Einflufs, den die Zusammenziehung oder Erweiterung der Flufsufer, das Steigen und Fallen des Bettes, dessen Material, so wie aus dem Einflufs, den die im 1ten Bande aufgeführten Ursachen auf die Geschwindigkeit des Stromes ausüben. Alle diese Verschiedenheiten lassen, wie ich bereits öfters anführte, eine mit der Erfahrung genau übereinstimmende Theorie nicht zu.

Erläuternde Anmerkungen.

Die Formel des *Chezy* für die mittlere Geschwindigkeit U ist $= 91 \sqrt{J R}$, worin J das Verhältnifs der Länge zur Neigung des Canals oder Flusses, R aber den Quotienten ausdrückt, den der mittlere Queerschnitt, durch die benetzte Linie des Bettes in diesem Queerschnitt dividirt, giebt. Die constante Zahl 91 gilt in der Voraussetzung, dafs R in rheinländischen Schuhen ausgedrückt werde; in welchem Maafse sich auch U ergiebt. (S. 317. der neuen in den Denkschriften der baierischen Akademie der Wissenschaften für 1811 und 1812 abgedruckten Abhandlung von *Langsdorf*, über die Bewegung des Wassers in offenen Canälen und Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes par Prony p. 51.)

Die *Eitelwein'sche* Formel ist von der Chezy'schen nur in der constanten Zahl etwas verschieden.

Buat's Formel $U = \frac{(243, 7 \cdot g')^{\frac{1}{2}} [R^{\frac{1}{2}} - 0, 1]}{\frac{1}{J^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{2} \text{logn.} \left(\frac{1}{J} + 1, 6\right)}$ $- 0, 3 [R^{\frac{1}{2}} - 0, 1]$, worin $g' = 362$, R und J aber die vorigen Bedeutungen, unter der Einschränkung haben, dafs R in Pariser-Zollen angegeben werden mufs, giebt die Geschwindigkeit in Pariser Zollen. (S. Buats Grundlehren der Hydraulik §. 51., wo 297 statt $(243, 7 \cdot g')^{\frac{1}{2}}$, r statt R und b statt $\frac{1}{J}$ steht.)

Die von *Langsdorf* in seiner Hydraulik S. 147. aufgestellte Formel unterscheidet sich von der Buat'schen nur daduch, dafs J nicht $= \frac{G}{L}$ sondern $= \frac{G + \frac{4}{9} a - \frac{U^2}{724}}{L}$ ist, wo G die Neigung des Canals auf die Länge L; a die Wasserhöhe im Queerschnitt und U die mittlere Geschwindigkeit bedeutet. Da sie von den Buat'schen nicht sehr abweichende Resultate geben kann, so unterblieb für die Tabelle die Berechnung nach derselben, und wurde blofs diejenige nach der Buat'schen angegeben.

Die Formel von *Girard* ist $U = - 0, 5 + \sqrt{(0, 25 + 8052, 54 \cdot R J)}$, und die von *Prony* ist $U = - 0, 07 + \sqrt{(0, 005 + 3233 \cdot R J)}$, in welchen beyden Formeln R und J die schon angezeigten Bedeutungen haben, nur ist R in Meter auszudrücken, in welchem Maafs auch U sich findet. (S. die vorgenannte Schrift von Prony §. 203.)

**) Nach der von Langsdorf in seiner neuen Abhandlung S. 326. angegebenen Formel $U = 91 \sqrt{\left(\frac{b \cdot H (\varepsilon + h - H)}{\lambda \cdot (H + h)} \cdot \frac{(1 - b\ (\text{logn.}\ (b + 2\ h) - \text{logn.}\ (b + 2\ H)\)}{2\ (h - H)}\right)}$, worin b die Breite, ε die Neigung des Canals auf seine Länge L, h die Wasserhöhe am Anfang und H die am Ende des Canals, in rheinländischen Schuhen, bezeichnet, ergiebt sich, bey dem Schiffsgerinne der Traun, 20, 0 statt 24, 3 Fufs. Da bey den übrigen Beobachtungen der in dieser Langsdorf'schen Theorie vorkommende Unterschied der Wassertiefen (h — H) mangelt, so ist nach ihr die Geschwindigkeit nicht berechnet worden.

§. 211. Die Geschwindigkeit nach der neuesten Langsdorf'schen Theorie wurde defswegen nicht angeführt, weil das gegebene Beyspiel nach dieser gar nicht berechnet werden konnte.

Die Geschwindigkeit nach der Chezy'schen Formel ist direct in baierischem Maafse gefunden, indem die von Langsdorf näher bestimmte constante Zahl 91 in dieser Formel, welche nur für Dimensionen in rheinländischem Maafse gilt, um $\sqrt{n}$ (wo n die Zahl bedeutet, um wie viel der baierische Fufs kleiner als der rheinländische ist), multiplicirte, und diese so veränderte Gröfse statt 91, und für die Gröfsen J und R die Data in baierischem Maafse in der Formel substituirt worden ist. Die Geschwindigkeit nach den andern Formeln ist indirect in baierischem Maafse berechnet, indem die im baierischen Maafse gegebenen Data auf das einer jeden Formel eigenem Maafse reducirt, und die aus der Substitution dieser Data in der Formel sich ergebene Geschwindigkeit, wieder auf die in baierischem Maafse zurückgeführt wurde.

§. 212. Die bey dem Landsberger Flofs-Canal angestellte Beobachtung, so wie die folgenden Abmessungen, sind mit der gröfsten Genauigkeit genommen worden, und sie verdient daher eine vorzügliche Aufmerksamkeit aller derer, welche die über die fliessenden Gewässer vorhandenen Theorien studieren. Die Abmessungen sind folgende: die Länge dieses regelmäfsigen in verticalen Balkenwänden eingeschlossenen und mit Balken ausgedielten Canals beträgt 230 baierische Schuh, die Wände der Einmündung sind 34′ 9″, die der Ausmündung 36′ 10″ voneinander entfernt, die mittlere Breite des Canals beträgt also 35′ 9½″; die Wassertiefe, bey der Einmündung, war (bey 8 Zoll Pegel) 24″ 6‴, diejenige bey der Ausmündung (da, wo die Oberfläche des Wassers noch eine regelmäfsige Neigung hat, welche weiter unten auf 16′ 11″ vor dem Ende des Canals in aufspringende Wellen übergeht) 12″ 6‴. Der Abhang des ganzen Canalbodens beträgt 8′ 4″, folglich verhält sich dieser zur Länge wie 1 : 27,6. Die beobachtete Geschwindigkeit war bey dieser Wasserhöhe 15,8′ in der Secunde; als die Wasserhöhe um 3 Zoll zunahm, war die Geschwindigkeit 16,7′, und bey einer Zunahme dieser letztern Höhe um 2 Schuh 6 Zoll betrug die Geschwindigkeil 20,8′. Dafs die Geschwindigkeit nicht in dem Maafse wuchs, als die Wasserhöhe zunahm, mochte wohl daher entstehen, weil das 800 Schuh lange, oberhalb der Mündung des Canals liegende Ueberfallwehr (T. 106.), dem höhern Wasser einen freyern Abflufs darboth, als dem niedrigern. Betrachtet man übrigens die in vorstehender Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung sich darbiethenden Abweichungen, und insbesondere dieses Beyspiel, so weichen diese Theorien immer mehr von der Erfahrung ab, je gröfser der Abhang und je gröfser die andern Dimensionen sind.

§. 213. Die in der Tabelle Nro. II. enthaltene Darstellung zeigt also: dafs die *Chezy'sche* Theorie noch immer die befste ist, und dafs man bey ihrer Anwendung der Erfahrung sich nähernde Resultate erhält; besonders ist dieselbe bey regu-

lären Gerinnen, also bey Schiffsdurchlässen und Grundablässen, anwendbarer als alle übrigen Theorien; abweichender aber von der Erfahrung ist sie in dem Maafse, als die Flüsse eine gröfsere Wassermasse führen. Diese Abweichung hat vorzüglich ihren Grund darin: dafs die anhaltende Kraft (die Adhäsion) des fliessenden Wassers, an dem Bette des Flusses, in dem Verhältnifs abnimmt, als die Stromsection an Höhe und Masse zunimmt. Auch die Natur der Materie, woraus das Bett besteht, hat einen wesentlichen Einflufs auf die Adhäsion, welches ich im I. Bande bereits erklärte; daher bemerkt man auf der Oberfläche seichter Flüsse den Widerstand, welchen der Strom an dem Bette erfährt, ja eine Kies- und Steinbank setzt das dem Strom gemachte Hindernifs (in seichten Flüssen) bis zur Oberfläche des Stromes fort: so sieht man auf derselben aufwallende Stromstriche, die sich gleich unterhalb der Bank verlieren, und so entsteht wieder oberhalb dem gleichförmigen Bette eine glatte Oberfläche des Stromes. Also auch aus diesen Beobachtungen geht die Regel hervor: dafs das Bett der Flüsse dergestalt einzurichten ist, dafs es einen regulären Abhang erhalte, und die Tiefe möglichst grofs sey, wenn man die Geschwindigkeit eines Flusses verstärken will. Bey der Schiffbahrmachung so schneller Ströme, die dem Schiffszuge nachtheilig sind, wird man also genöthigt: Wehre mit Schiffsdurchlässen (verbunden mit Grundablässen, um die Ueberschwemmungen abzuwenden) oder mit Kammerschleusen anzulegen, oder auch an den Seiten des Wehres, auf eine Strecke längs dem Flusse, einen für die Schifffahrt dienenden Canal (verbunden mit Kammerschleusen) anzuordnen. Die vorne stehende Beobachtungen und Messungen, angewendet auf einen zur Schifffahrt einzurichtenden, schnell strömenden Flufs, werden also das Verfahren näherungsweise bestimmen.

V. Von der Schiffbahrmachung des Marchflusses in Mähren.

§. 214. Von diesem Flusse wurde unter meiner Direction eine genaue Karte aufgenommen, wovon auf Fig. 4. Tab. 97. kaum der hundertste Theil, nach einem viermal kleinern Maafsstab, dargestellt ist. Die Tiefen wurden im Stromstrich von 10 zu 10 Klafter, und in einigen hundert Queerprofilen gemessen, und der Flufs nach seiner gesammten Entwickelung nivellirt. Die Resultate der hydrometrischen Messungen werde ich weiter unten mittheilen: denn dieser Entwurf scheint als ein Beyspiel, wie man bey ähnlichen Entwürfen verfahren sollte, aufgestellt werden zu können, und ich will ihn daher in folgenden §§. aufnehmen.

§. 215. Da der *Marchflufs* seiner natürlichen oder ursprünglichen Beschaffenheit nach, für die Gegenden von *Mähren*, *Ungarn* und *Niederöstreich*, *) welche in dessen Nähe liegen, grofse und unberechenbare Vortheile gewähren kann,

*) Wer von den Lauf des Marchflusses eine Uebersicht haben will, den verweise ich auf die treffliche *Liechtensteinsche* Karte des Oestreichschen Kaiserstaats 1810.

a) wenn man ihn dergestalt leitet, dafs die schädlichen Ueberschwemmungen von den Flufsgegenden abgewendet werden, und b) wenn man die *March* schiffbahr machte: so mufsten diese Vorschläge in zwey Hauptabtheilungen zerfallen. Die erste Abtheilung begriff diejenigen Maafsregeln, welche in Anwendung zu bringen sind, wenn die gegenwärtig so oft eintretenden Ueberschwemmungen verhindert, und die Austrocknung der Flufsgegenden erleichtert werden sollen; die zweyte enthielt die Mittel zur Schiffbahrmachung.

Die wesentlichen Mängel, welche bey diesem Flufse unterhalb *Ollmütz* bis zur *Donau* auf eine Länge von $37\frac{302}{1000}$ Meilen, statt haben, bestehen in folgenden: 1) Wird dessen Lauf von *Ollmütz* bis *Gödingen* durch eilf Mühlwehre dergestalt unterbrochen, dafs er 51 Schuh 8 Zoll 8 Linien Wiener-Maafs, das ist $\frac{1}{3}$ seines natürlichen Falles verliert. Er ist daher in eben so viele und grofse Inondations-Bassins getheilt, welches das ins Kleine gezeichnete Nivellement, Fig. 6. Tab. 97., recht anschaulich zeigt. *) Diese Wehre sind 2′ 4″ 4‴ bis 9′ 3″ 9‴ hoch, uud dienen zu zwanzig Mühlen — welche 192 Gänge haben — ohne die *Landshuter*-Mühle zu rechnen, welche unterhalb Gödingen liegt, und nur mit dem natürlichen Fall des Flusses in Bewegung gesetzt wird. 2) Die Elufsbahn hat eine Menge spitzer und den Strom retardirender Serpentinen, welche mit den Wehren — denen die so nothwendigen Gruudablässe fehlen — die Ursachen der Erhöhung des Bettes und der verderblichen Ueberschwemmungen sind. 3) Die vielen Mühlgräben entziehen dem Hauptflufs zu viel Wasser, so dafs das Material des Flusses nicht fortgeschwemmt werden kann; mithin das Bett sich erhöhet. So wie dieses aber empor steigt, müsmüssen auch die Austretungen der Gewässer öfterer erfolgen. 4) Die Mündung des Marchflusses in die Donau Fig. 4. Tab. 97., ist eine mitwirkende Ursache der längs der Untern - March vorkommenden Ueberschwemmungen, weil sie rechtwinkelig auf die Bahn des Donauflusses liegt, und von diesem zwichen I. und VI. fast auf $\frac{2}{3}$ der Flufsweite, welche die March bedarf, eingeschränkt ist. Eben so nachtheilig sind die Vereinigungen mit andern Flüssen. So ergiefst sich die *Bedzwa* der Richtung

*) Auf dem Nivellemant Tab. 97. Fig. 6. ist die Neigung des Marchflusses nach der Entwicklung des gesammten Stromes, in Beziehung auf den gegenwärtigen Zustand bey einer Wasserhöhe von 1 1/2 Schuh über den niedrigsten Wasserstand, angezeigt. Fig. 7. stellt das auf die vorgeschlagene Correction reducirte Nivellement dar. Auf beyden Nivellements zeigen Nro. 1. das Kupferhammer-Wehr unter Ollmütz; Nro. 2. das Bolelauzer-; Nro. 3. das Cremsirer-, Nro. 4. das 1te Quasitzer-; Nro. 5. das 2te Quasitzer-; Nro. 6. das Napagedler-, Nro. 7. das Nadakonitzer-; Nro. 8. das Ostrauer-; Nro. 9. das Wesseller-; Nro. 10. das Rohatetzer-, und Nro. 11. das Goedinger-Wehr. Folgende sind diejenigen Ueberfähren über den Marchflufs, die ich bey dem Nivellement als feste Puncte angenommen habe. Nr. I. die Kopschaner-; Nr. II. die Brodsker-; Nr. III. die Hohenauer-; Nr. IV. die Drösinger-; Nr. V. die Dürngruther-; Nr. VI. die Angerer-; Nr. VII. die Marchegger-Fähre; Nr. VIII. ist die Brücke von Neudorf.

Diese Erklärungen dienen zur Erläuterung der im §. 221. vorkommenden Tabellen.

des Marchflusses directe entgegen. Bey der Anschwellung des einen Flusses muſs daher der die geringste Wassermenge führende in seinem Laufe retardirt werden, und wenn beyde Flüsse anschwellen, muſs der geringere Strom zurückstauen, mithin der minder vermögende aus seinen Ufern treten. Fast eben so nachtheilig ist die Vereinigung des *Taja - Flusses* mit der *March* und jene einiger anderer nur kleiner Bäche. Alle diese Nebenflüsse und Bäche verursachen daher, weil ihr Abfluſs gehemmt wird, Ueberschwemmungen, die sich in das Land weit ausbreiten. 5) Die von den angeführten Ursachen hervorgebrachten Hochgewässer werden durch den Umstand, daſs die Fluſsgegenden und die Ufer des Marchflusses sehr niedrig liegen, indem sie nur 3 bis 6, wenige Strecken 8 Schuh über den niedrigsten Wasserstand hervorragen, da doch die Ueberschwemmungen 7 bis 10 Schuh über denselben steigen, noch nachtheiliger. Hiezu kömmt: daſs es fast gänzlich an Dämmen fehlt, und so ist es denn kein Wunder, daſs die Uferlande in einem Bezirk von Acht Quadratmeilen, zwey bis 7 ½ Schuh hoch jährlich mehrmahlen überschwemmt worden sind. 6) Da die Bahn des *Marchflusses* unterhalb *Neudorf*, ohnweit der *Donau*, die ihr zukommende Breite mehr als um das Doppelte übersteigt, so führt die hohe Donau eine doppelte Wassermenge in denselben, mithin treten die Ueberschwemmungen bey *Marchek* weit hinauf, dauren länger und sind höher, als wenn diese weite Bahn nicht statt hätte. 7) Endlich entbehrt der *Marchfluſs*, so wie alle diejenigen Flüsse, welche sich in ihn ergieſsen, der Kunstpflege gänzlich. Er wird, so wie diese letztern blos als ein Mühlbach benutzt, und alles ist den von allem hydrotechnischen Rathe ontblöſsten Fluſsanwohnern so wie dem Eigennutz der Mühlbesitzer oder Müller überlassen. In dessen Bette liegen überall, wo Waldungen sind, Stöcke, und dasselbe ist von Sandanlagen, Inseln und durch den Fluſs gehenden und dessen Versandung befördernden *Fischer - zäunen*, versperrt.

§. 216. Werden diese Thatsachen erwogen: so ist es kein Wunder, daſs dieser von der Natur gleichsam zur Wasserstraſse, zwischen *Gallizien*, *Schlesien*, *Ungarn*, *Mähren* und *Wien*, ja zwischen der *Ostsee* und dem *Adriatischen Meere* bestimmte Fluſs nicht schiffbahr ist! Zu der Schiffbahrmachung des Marchflusses ist bis jetzt fast nichts geschehen, und die *sogenannte* Schifffahrts - Schleuse bey *Goedingen*, Fig. 5. Tab. 97., ist sowohl ihrer Lage, als ihrer Construction nach, gänzlich unbrauchbar. Der Fluſs ist unter diesem Dorfe mit viel Stöcken verlegt; gemachte Treppel - oder Ziehwege sind keine, da doch ohne dieselben eine Fluſsfahrt nicht Rechnung mit der Landfahrt hält. So ist es also bey der oben allgemein aufgestellten Beschaffenheit des Marchflusses nicht auffallend: daſs die Gegenden an der March, Taja und Bedzwa jährlich mehrmahlen, ja selbst in den Korn - und Heuerndten überschwemmt werden; daſs zuweilen der dadurch verursachte Schaden in einem Jahre auf mehrere Hundert Tausend Gulden berechnet wurde, welches actenmäſsig

und landkundig ist; nur im Jahr 1804 sind die Gegenden oberhalb Goedingen von dreyzehen Haupt-Ueberschwemmungen heimgesucht, und das Heu mit einem Flufsschlamm überzogen worden, der es für das Vieh sehr ungesund machte. Diese Ueberschwemmungen sind auch für das Militair-Aerarium eine bedeutende Ausgabe, und man kann sie für dasselbe jährlich auf 50 bis 70,000 fl. anschlagen, weil das Heu nicht nur dadurch um ein volles Drittheil vertheuert wird, sondern auch die an der March liegende Kavallerie dabey sehr leidet. So haben in jenem Jahr die mehresten in diesen Gegenden cantonirten Kavalleristen als Fieberkranke in die Spitäler gebracht werden müssen, und viele Pferde sind des schlechten Futters wegen crepirt. Ja diese Inondationen haben durch ihre Ausdünstungen fast alle in den Flufsgegenden liegenden Dörfer zu Krankenspitälern gemacht: denn in jedem Bauernhause lagen $\frac{2}{3}$ der Bewohner am Fieber darnieder. Dafs hierdurch die Kraft der Menschen, der Ackerbau und die Viehzucht leidet, kann derjenige, welcher diese Vorschläge nicht blofs obenhin liest, und der für das Beste des Landes empfänglich ist, wohl nicht in Abrede stellen. Verbindet er einige Kenntnifs von der Forstwissenschaft und der Ackerbaukunde, so dürfte es ihm nicht Wunder nehmen, dafs die schönsten Eichenwaldungen von den öftern und lange anhaltenden Ueberschwemmungen heimgesucht, absterben; der sonst fruchtbarste Boden in Moräste verwandelt ist, und dafs endlich jeder Versuch, jene sumpfigte Gegenden auszutrocknen, in seiner Geburt erstickt wird, da die vielen Ueberschwemmungen und die hohe Lage der Flüsse den innern Gewässern eine Aufnahme versagen. Leicht wird daher auch noch der allgemein im Lande bekannte Umstand erklärbar: dafs in diesen Gegenden die Viehseuchen wüthen, wenn sonst das übrige Land davon verschont bleibt, denn wie kann ein mit Schlamm vermischtes Heu, wie können sumpfige und nasse Viehweiden ein gesundes Futter geben? Und wie können endlich Oeconomen oder Staatsbeamte nach allen diesen Thatsachen, noch ferner die Behauptung äufsern, dafs *diese Ueberschwemmungen* dem Lande heilsam sind; da doch die hier aufgestellten Local-Umstände das Gegentheil darlegen? Denn dafs einige trockene Wiesen des Wassers bedürfen; dafs Herbst- und März-Inondationen den Wiesen nicht nachtheilig sind, wenn sie wieder abgeleitet werden können, ist allgemein bekannt; aber auch eben so sehr: die Nachtheile, welche aus vielen Austretungen der Flüsse, die *im Sommer kommen* und lange stehen bleiben, und aus dem sich in den Boden einsaugenden Sumpfwasser, erfolgen. Nun sind es aber bekanntlich die letztern, welche die Marchgegenden so oft heimsuchen!

Diefs ist im Allgemeinen der Zustand eines Flusses, welcher alle natürlichen Eigenschaften hat, um schiffbahr zu seyn; für die Anwohner Seegen zu verbreiten; den Einkauf des Holzes, so wie der gallizischen, mährischen und der schlesischen Producte und Erzeugnisse: als Getreide, Salz, Butter, Honig, Wachs, Glaswaaren,

Leinwand u. dgl. m. für die Hauptstadt der Monarchie wesentlich zu erleichtern, und diese so wie die Kriegsbedürfnisse aller Art von Wien nach Ollmütz, einen Theil von Ungarn und Mähren, nach Schlesien und Gallizien, als Wasserstraſse aufzunehmen! Würde daher nicht derjenige, welcher die Frage aufwürfe: was werden wir auf dieser Wasserstraſse transportiren? entweder die gröſste Unwissenheit oder bösen Willen; ja wohl gar die Absicht, jedem nützlichen Vorschlage den Weg zu vertreten, verrathen? Ich halte es daher für gänzlich überflüſsig, mich umständlicher über die aus der Schiffbahrmachung des Marchflusses zu hoffenden Vortheile zu verbreiten, da diese Sache für sich selbst spricht.

§. 217. In so fern die speziellen Vorschläge, die ich in Hinsicht der Verhinderung der Ueberschwemmungen dieses Flusses gemacht habe, ohne die Karte, welche ich nicht besitze, unverständlich bleiben, so will ich nur einige der wesentlichsten, in Betreff der Schifffahrt zu nehmenden Maaſsregeln anführen. Die wichtigsten Fluſsgegenden sind nämlich die Ausmündung in die Donau, und der Fluſsbezirk in der Nähe von Goedingen. Was die erstere Tab. 97. Fig. 4. anbetrift, so flieſst die Donau von *Haimburg* abwärts, das ist, von der Schloſs-Ruine *Rottenstein* nach der Richtung *A B* auf ein lockeres, sandiges Bruch-Ufer, in *B* los, vor welchem eine der Schifffahrt sowohl, als der Richtung des Stromes schädliche Schiffmühle liegt. Der so perpendiculär auf das bereits in Abbruch liegende Ufer anfallende Strom, verursachte daher dessen Abnahme auf eine solche Weise, daſs dieselbe seit dem Jahr 1800 eine Breite von 40 Schuh betragen hat. Ist dieser zwischen 10 und 12 Fuſs über den niedrigsten Wasserstand liegende Bezirk (die sogenannte *Kratzelau*) bis zu der in *B* liegenden Vertiefung, zwischen welcher und der Donau nur noch ein Raum von wenigen Klaftern statt findet, weggerissen, so erhält der Donaufluſs die Richtung *A B C* und *D*. Da nach dieser Richtung (die nothwendig erfolgen muſs, so lange nicht der Fluſsarm *E* der Hauptstrom wird) die Donau gerade auf den Felsen von Theben anfällt: so müssen zwey sehr nachtheilige Wirkungen entstehen. 1) Wird der Donaustrom, indem er auf diesen Fels anstöſst, zwischen *D M* und *K* einen Strudel oder Widerströme formiren, folglich wird die Schifffahrt nach Ungarn leiden. 2) Wird der Marchfluſs von der Donau gesperrt, mithin muſs derselbe den gröſsten Theil des Jahres über aus seinen Ufern treten, und die Inondationen werden bis Gödingen hinhinauf noch verderblicher als sie schon gegenwärtig sind.

Diese nachtheilige Richtung der Donau wird von den Kies- und Sandbänken *H* und *I* dergestalt befördert, daſs bereits im Jahre 1804 einigemal ein neuer Ziehweg längs des in Abbruch liegenden Ufers hat ausgehauen werden müssen. Hiezu kömmt noch, daſs auch gegenwärtig die Donau den Strom der March bis auf 12 bis 15 Klafter bey *I* verengt, wie die Karte T. 97. zeigt, und solche nach der Linie *M F* begränzt, so daſs sie ihr Wasser nicht abführen kann. Die March hat daher in

der Nähe ihrer Mündung nur 10 Zoll Geschwindigkeit, wenn der Donaustrom mit 5 Schuh 3 Zoll in der Secunde, folglich mit einer sechsfachen Geschwindigkeit strömt. Auffallend geringe ist daher auch die Neigung des Marchflusses, bey einem Wasserstande, der einen Schuh über dem niedrigsten steht. Es verhält sich nämlich dieselbe von der Mündung, bis zur Neudorfer Brücke gerechnet, zur Länge wie 1 : 6813. Wogegen die Neigung der Donau längs der Kratzelau sich zu der Länge wie 1 : 2029 verhält.

§. 218. Betrachtet man aber die hydrometrische Beschaffenheit des Marchflusses näher: so wird man folgende Nachtheile im Lauf desselben gewahr. 1) Wird dessen Oberfläche durch den von dem Donauflufs gegen ihn ausübenden Strom dergestalt in die Höhe getrieben, so dafs er bey der Hydro-Vereinigung beyder Flüsse, das ist daselbst, wo sich beyde Strom-Striche vereinigen, sechs Zoll höher als die Oberfläche der Donau steht. 2) Die Flufsbahn der March ist in der Nähe der Mündung, statt dafs sie nur 40 Klafter breit seyn sollte, 90, ja sogar 180 Klafter weit. Sie biethet daher dem *hohen* Donaustrom zu grofse Profile dar, in welche derselbe einläuft, und den Strom der March desto höher aufwärts und aus seinen Ufern treibt. Da auch der Donauflufs bis zu der Höhe von 19′ 6″ 9‴ über den niedrigsten Wasserstand angelaufen ist: so würde die Wassermenge, welche zwischen einer Profilweite von 90 — 40 = 50 Klafter, bey diesem Wasserstande von der Donau in den Marchflufs mehr einströmte, als wenn man diesem seine untere Profile regulirte, nur bey einem Schuh Geschwindigkeit ohne die 6″ 9‴ zu rechnen, in jeder Secunde betragen 50 . 6 . 19 = 5700 Cubikschuh, welches mehr als die doppelte Wassermenge ist, die der Marchflufs abführt, wenn er einen Schuh über sein niedrigstes Wasser steht. Diese, wegen der zu grofsen Breite der Profile, während eines hohen Stromes, in die March eingeführte Wassermenge, beträgt demnach blos in 24 Stunden über 8 Millionen Cubikschuh. Es ist daher kein Wunder, wenn die unter Gödingen liegenden Marchgegenden, bey den hohen Donau-Anschwellungen, lang andaurende und viele Hochgewässer erhalten. 3) Wenn gegenwärtig auch wirklich die Donau von einem hohen Stande zu einem niedrigen herabfällt, so kann dennoch der hohe Marchstrom, wegen der rechtwinkeligten Richtung seiner Mündung, nicht gehörig abfliefsen. 4) Die Beschleunigung des Abflusses der hohen March ist aber um so nothwendiger, als die hohen Anschwellungen der Donau, die Neigung des untern Marchflusses, selbst bey dessen höchsten Anschwellungen, gänzlich aufheben, indem die Donau zehn Schuh höher als die March steigt. Auf diese Weise tritt das Donauwasser bis *Hochstetten* hinauf: denn es ist das Verhältnifs der Neigung zur Länge, in dem untern Flufsbezirk, wie 1 : 6243. Nun beträgt der Unterschied des hohen Donauwassers und der hohen March 10 Schuh, folglich ist der Weg, den das Wasser nehmen kann, 62430 Schuh oder 10405 Klafter von der Mündung, das ist bis Hoch-

stetten. Von hier an oder mehr abwärts, je nachdem das Gewässer der Donau hinauftritt, welches sich nach den Anschwellungen beyder Flüsse richtet, fängt die Rückschwellung des Marchflusses, d. i. die Retardation desselben an, mithin müssen die sämmtlichen Flufsgegenden bis Gödingen, das ist bis zum ersten Wehr, schon lediglich von dem, von den hohen Anschwellungen der Donau zurückgestauten Strom, überschwemmt werden.

§. 219. Da es ein Bedingnifs ist: den Abflufs oder die Geschwindigkeit der March in der Nähe der Donau zu befördern, um die Zurücktretung dieses Flusses in jenen so viel als thunlich zu verhindern: so müssen die Profile des Marchflusses, in diesem untern Flufsbezirk, bis auf die ihnen zukommende Breite von vierzig Klaftern geschmälert werden. Je mehr man nämlich nach den Grundsätzen der Hydraulik die Profile schmälert, desto gröfser wird die Geschwindigkeit, mithin das Vermögen des Stromes auf das Flufsbett zu wirken und dasselbe zu vertiefen; folglich wird von der Regulirung der Profile, der Abflufs der March befördert, das ist ihre Hochgewässer schneller als jetz abgeführt. Dahingegen die hohe Donau eine so grofse Wassermenge nicht mehr in den Marchflufs hinaufführen kann, wenn die Mündung der March durch Bauwerke und Anlagen eingeengt wird. Auch die Abnahme der Geschwindigkeit in dem Strom der March kann sich nach vollzogener Regulirung der Marchbahn nicht so weit aufwärts erstrecken wie gegenwärtig, indem die aus der Donau in die March kommende, mithin rückwirkende Strommasse, welche die Ueberwucht über den Strom der March hat, verringert wird. Werden ferner die obern Profile des Marchflusses mit denen in der untern auf 15 Klafter eingeengten Mündung bey r verglichen, wird endlich die jetzige fehlerhafte Vereinigung beyder Flüsse beobachtet, so kann man annehmen, dafs in dem Donauflufs $\frac{1}{4}$ der Wassermenge von der March weniger eintritt als darin eintreten müfste, wenn beyde Flüsse sich unter einem spitzen Winkel vereinigten. Dieses Viertheil mufs daher zurücktreten, und zwar so weit hinauf, bis irgend ein Wehr oder vollkommenes queer durch den Flufs ziehendes Hindernifs, dessen Rückwirkung verhindert. Folglich wird auch, in dieser Hinsicht, der Marchflufs bis Gödingen und in die Taya bis zu dem ersten auf ihr liegendes Wehr retardirt. Beyde Flüsse werden also aus ihren Ufern zu treten gezwungen, und zwar nach Maafsgabe der Donauflufs hoch ist und in einem solchen Zeitraume die Ueberwucht über den Strom beyder genannten Flüsse ausübt, so dafs sich die Retardation bis in die obere Flufsbezirke ausdehnen kann. Es ist daher der Umstand: dafs die Marchgegenden in den letztern Jahren häufigere und höhere Ueberschwemmungen erlitten haben, leicht erklärbar, und ein Resultat des nachtheiligen Laufes der Donau bey Theben, so wie der auf die Donau senkrecht stehenden Mündung des Marchflusses. Hiezu kommt noch, dafs das Bett der March höher empor steigt, nach Maafsgabe ihre Geschwindigkeit, mittelst der fehlerhaften Ausmündung

und dem Eintritt der Donau, geschwächt wird, indem der Strom nicht Vermögen (Geschwindigkeit) genug hat, um das Flufsmaterial fortzuwälzen, daher denn auch die Seichtigkeit des Flusses und dessen weite Bahn, oberhalb Theben. Nun soll aber zur Verminderung der Ueberschwemmungen das Flufsbett vertieft und die Oberfläche des Stromes gesenkt werden, folglich mufs man diese nachtheilige Mündung bey Zeiten verbessern, wenn anders das Flufsbett sich nicht noch mehr erheben und die Hochgewässer noch höher steigen sollen.

§. 220 Nach dieser kurzen Darstellung von Thatsachen komme ich auf die Anwendung der weitern Kunstmittel. *a*) Da der Donaustrom das Ufer B K abbricht, dessen Erhaltung aber — wegen der Schifffahrt (die jetzt von dem Anfall der Donau auf den Felsen von Theben gefährdet ist) und den Marchgegenden, nach den oben aufgestellten Rücksichten, nothwendig ist: so mufs dasselbe mit einem allen Angriffen des Eisstromes Widerstand leistenden Bauwerke gedeckt und gegen den Abbruch gesichert werden. *b*) Damit die *Donau* den *Marchflufs* nicht, so wie jetzt, zurückstauen möge, und auf diese Weise die schädlichen Ueberschwemmungen längs demselben und der untern *Taya* abgewendet werden: so ist die Aufführung eines Bauwerkes nothwendig, welches den Marchflufs in die Donau unter einem spitzen Winkel einmündet. Dasselbe müfste in dem Separationswerke *G O* bestehen; da dieses Werk, der March eine hinreichende Oeffnung lassen mufs, so habe ich der Mündung *O P* (Fig. 4. Tab. 97.) eine Breite von vierzig Klafter gegeben, wiewohl die Breite des Marchflusses, ohnweit *Marchegg*, in parallelen Ufern nur 36 hat. Dessen Oberfläche mufs beynahe die Höhe des Ufers erreichen, und am Ende bey *O* fünf Schuh über den niedrigsten Wasserstand liegen, damit der Donaustrom eine Tendenz erhält, *längs demselben* zu fliefsen, wenn er gleich dieses Werk übersteigt. Höher kann dieses Separationswerk nicht gelegt werden, weil dies nichts nützen würde, indem die Donau, bey höherem Wasserstande, über ihre Ufer tritt, und sich gegen Schlofshoff wendet, mithin seitwärts in den Marchflufs einläuft. Indessen mufs in Betrachtung gezogen werden, dafs dieses Separationswerk so weit stromabwärts liegt, dafs die Donau den Marchflufs mit fortreifst, weil jene ihre Geschwindigkeit die von diesem um das sechsfache übertrifft. *b*) Wollte man aber blos das Separationswerk *G M O* aufführen, so wird der Marchfluss noch immer eine unvollkommene Ausmündung erhalten, weil dieselbe nicht mit der obern Bahn eine und dieselbe Bogenlinie formirt. Ferner würde die Vertiefung in den Marchflufs, welche doch so wesentlich zur Beförderung einer gröfsern Geschwindigkeit oder Abführung des Wassers aus den obern Flufsgegenden gehört, nicht entstehen. Es mufs daher die Bahn des Flusses, zwischen den Werken *a*, *b*, *b*, *d* und *e* geleitet werden. Auf diese Weise wird dieselbe eine Breite von 40 Klaftern bekommen, und da sich die Geschwindigheiten wie die Profile verhalten, so mufs sich die Tiefe vermehren, mithin auch der Abflufs

der March befördert werden. *d*) Sind diese Werke aufgeführt, so muſs man nach und nach bis zu ihrer Spitze Anpflanzungen und Verzäunungen anlegen, um ein Vorland zu gewinnen, welches des Flusses stabile und hohe Ufer ausmacht, zwischen denen er sich in die Tiefe ein, sowohl für die Schifffahrt als in Hinsicht der Abwendung der Ueberschwemmungen — bequemes Bett ausreissen kann. Endlich sind *e*) zu gleicher Zeit mit dem Separationswerke die zwischen *M P* auf dem Vorufer und dicht längs dem Ufer im Flusse liegenden Steine, Felsen und alte Mauern zu sprengen und fortzuschaffen, welches Material zur Bedeckung des Separationswerkes zu gebrauchen ist, damit der Abfluſs, d. i. die Geschwindigkeit des Stromes befördert werde. Jene bezeichneten Werke müssen aus Faschinenbaue bestehen, deren Länge, Höhe und Böschung ich in dem damals abgefaſsten Bauanschlage bestimmt hatte.

§. 221. Da ich die genaue Fluſskarte nicht mehr besitze, ihr Stich auch zu kostbar gewesen seyn würde, so kann ich den gesammten Entwurf, den ich zur Abwendung der Marchüberschwemmungen, so wie zur Schiffbahrmachung dieses Flusses, entworfen hatte, nicht vollständig mittheilen; ich will daher jetzt eine tabellarische Darstellung davon entwerfen, woraus sich die Resultate der hydrometrischen Messungen und Nivellements, so wie die Abkürzungen der Fluſsbahn ergeben, und die in der That noch wichtig genug ist, um sie diesem Werke einzuverleiben.

Resultate derjenigen hydrometrischen Messungen und Local-Erhebungen, welche in Beziehung Ollmütz bis zur Donau gemacht worden sind.

Wasserstand	Namen der aus Pfosten und Bohlen oder auch aus Faschinenbau bestehenden Wehre.	In den regulairen Flussbahnen der March: Breite	Mittlere Tiefe		Geschwindigkeit		Profil	Wassermenge in	Mittlere Geschwindigkeit der Länge nach in		Länge zwischen zwey Wehren, gegenwärtig, in	Länge zwischen zwey Wehren, nach gemachter Correction, in	Neigung in			Setzt man die Neigung = 1, so ist die Länge	Setzt man die natürliche Neigung = 1, so ist die Länge, wenn keine Wehre existirten	Setzt man die natürliche Neigung nach gemachter Correction und offnen Durchlasswehren = 1, so wird die Länge	Bey dem Wehr ist das untere Wasser niedriger als das obere		
		Klafter	Fuſs	Zoll	Fuſs	Zoll	Quadr. Schuh	Cubik-Schuh	Fuſs	Zoll	Klaftern	Klaftern	Fuſs	Zoll	Linien				Fuſs	Zoll	Linien
Wasserstand 2′	Von dem Ollmützer bis z. Kupferhammer Wehr										650	650							3 ·	6	
	Von der Kupferhammer-Mühle bis z. Bolelauzer Wehr	22	5		1	8	660	1100	2	4	6600	5630	13	1	11	3046	2200	1868	5		
w.st.1′6″	Von dem Bolelauzer — bis zum Cremsirer Wehr	18	5	2	2	1	558	1209	2	5	15400	13736	28	9	0	3240	2800	2463,25	4	8	6
w.st.1′6″	Von dem Cremsirer bis zum Kwassitzer Wehr	23	7	6	1	5	1057	1497	1	11	nämlich 2 Wehre 6200	6045	4 4	6 2	9 3	5918 3831	2259	2002	1tes 4 2tes 5	9 6	9 9
w.st.1′6″	Von dem Kwasitzer bis zum Napagedler Wehr	30	8	6		9	1530	1146	1	6	4700	3712	6	9	0	4178	2521	1983,4	An der Zensa 4	5	3
w.st.1′6″	Von dem Napagedler bis xum Nedaconitzer Wehr	18	7	3	1	9	785	1363	1	11	20350	18392	21	6	3	5679	4742	4285,5	4	2	9
w.st.1′6″	Von dem Necadonitzer bis zum Osterauer Wehr	19	8	5	1	8	985	1641	1	$10\frac{1}{2}$	5000	4067	2	6	7	9729	4706	3754	3	9	10
w.st.1′.	Von dem Osterauer bis z. Wesselyer Wehr	17	9	8	1	5	927	1332	1	8	3200	1274	0	10	4	22296	3973	1546	4	0	0
w.st. 1′.-6″. / Im getheilten Fluſs. Fluſsarm nach Rhohatetz.	Von dem Wesselyer bis zum Rhohatetzer Wehr	13	6	8	1	9	520	910	1	$10\frac{2}{3}$	12600	11731	14	3	3	5298	4553	4238	2	4	1
Wasserst.1′.	Von dem Rhohatetzer bis zum Goedinger W.	14	8		1	1	672	728	1	9	6400	5283	4	11	9	7685	2687	2218	0	3	0
											82100 oder 20,525M.	70520 oder 17,36M.	101	7	1	. . .	3213 im Mittel	2734 im Mittel	Fall bey den Wehren 51	8	8

auf die zweckmäſsige Leitung des Marchflusses in Mähren und dessen Schiffbahrmachung von

1) *Von Ollmütz bis Gödingen* $20\frac{525}{1000}$ *Meilen.*

Das Wehr liegt über den jetzigen niedrigsten Wasserst.	Das Wehr liegt unter den höchsten Wasserst.		Bey dem Wehr ist das untere Flussbett niedriger als das obere		Das Wehr ist breit in	Das Wehr besteht aus	Die Widerlager bestehen aus	Anzahl der Mühlen	Anzahl der Gänge	Breite der Ablaſs-Gerinne			Lage des Mühlfachbaumes unter dem Fachb. des Wehrs		Anzahl der Seiten-Ablässe	Breite derselben		Lage der Schwellen dieser Ablässe unter dem Fachbaum des Wehres		Unterschied des höchsten und niedrigsten Wassers
Zoll	Fuſs	Zoll			Klaftern					Fuſs	Zoll	Linien	Fuſs	Zoll		Fuſs	Zoll	Fuſs	Zoll	Oberhalb den Mühl-Wehren / Unterhalb den Mühl-Wehren
			2	6	25	Pfosten und Bohlen	Holzwände	1	Kupferhammer 12	11	6		2	8	3	Jedes a 7	11¾	2	10	
0	4	6	3	6	30	Pfosten und Bohlen		1	Waldmühl 5	6			3	6	6	a 5	6	3	6	9'6", 9'7", 7', 4', 6"
						Faschinen mit einer vorgerammten Spundwand		7	Tobitschau-M. 42						Citowgrab. 3	a 8	3			
6	4	3	3	4	24			1 1	Citow 5	5			3		Cremsir 3	a 8 a 7	6 10		3	9'8" 4'3"
			2	6	32			Kwasstiz 1	Kremsir 15	11										
9	4		3		28			Plumatschau 1	10	5	9		3	9						
									5	5			3							9'8" ... 4' ..
8	4	5	3	6	36			Napagedl 1	14	5	7		4		1	8	2	4	7	9' 4'5"
																6	8			
6	4	9	2	5	40			Nedaconitz 1	12	4	6	8	3		4	6	9	3	6	10' 4'8",3
6	5	2	2	9	30			Osterau 1	14	5 7	6		3	3						9'6" .. 5',2",2'''
6	5		3		26	Pfosten und Bohlen		Wessely 1 Rhoatez	16	6	2		3	6						9'6" ... 5' ..
0	6	2	1	6	36	Faschinen mit einer Spundwand		1	10	5	6		2							9 6',2"
6	2	4	5	6	26	Pfosten, Bohlen und Steinen	Steinerne Landjoche	Gödlinger und Neumühl 3 Kopzan	14 6 6	11	3		4	6						8'6" 2',4".
								20	192											

Von Gödingen bis zur Donau; $16\frac{787}{1000}$ Meilen.

	In den regulairen Flußbahnen der March: Breite		Mittlere Tiefe		Geschwindigkeit			Profil in Quadrat	Wassermenge in Cubik	Mittlere Geschwindigkeit der Länge nach			Länge gegenwärtig in	Neigung in			Setzt man die Neigung gleich 1, so ist die Länge	Entfernung vom Vergleichungs-Puncte	Neigung vom Vergleichungs-Puncte			Länge nach gemachter Correction in	Setzt man die Neigung = 1, so ist die künftige Länge	Anmerkung.
	Klafter.	Fuſs.	Fuſs.	Zoll.	Fuſs	Zoll.	Linien.	Schuhen	Schuhen	Fuſs.	Zoll.	Linien.	Klaftern.	Fuſs.	Zoll.	Linien.			Fuſs.	Zoll.	Linien.	Klaftern.		
Von dem Gödinger Wehr bis zur Kopzaner Fähre	19		5	9	1	9	6	654	1046	1	4	6	5450	6	7	5	4941	5450	6	7	5	5450	4941	Die entworfenen Schifffahrts - Canäle sollten länger als die Entwässerungs- Canäle seyn; = 331 Klafter. Alle Rectifications - Durchstiche und Entwässerungs - Canäle sollten eine Länge von 14292 Klafter haben. Sie kürzen den Fluſs um 16972 Klafter ab, so daſs derselbe zwischen Ollmütz und der Donau eine Länge von $32\frac{92}{1000}$ Meilen erhalten wird, anstatt derselbe jetzt eine Länge von $37\frac{312}{1000}$ Meilen hat.
Von der Kopzaner bis Brodskoer Fähre . .	16	3	3	10	2			379	758	1	8		10900	13	8	1	4724,4	16350	20	3	6	8470	3718	
Von der Brodskoer Fähre bis zum Einfluſs der Taya	18	3	4		1	6	6	444	684	1	8		9350 }	11	7	2 }	5464,8	25700 }	31	10	9	8285 }	4904	
Von der Taya bis zur Hohenauer Fähre . . .	27		6	6	1	6		1053	1579	1	8	8	1200 }					26900 }				1200 }		
Von der Hohenauer bis zur Draisinger Eähre . .	34		5	2	1	7		1054	1669	1	5	3	6950	8	3	1	5054,5	33850	40	1	10	5574	4050	
Von der Draisinger bis zur Dürngruther Fähre .	31		8		1	2		1488	1736	1	6		7750	6	1		7506,8	41600	46	2	10	7750	7506,8	
Von Dürngruther Fähre bis Angern	34		5	6	1	7		1122	1776	1	6		7750	8	2	9	5530	49350	54	5	7	7440	5420	
Von Angern bis Marchegg	35		5	6	2			1155	2310	2	1		10100	11	4		5347	59450	65	9	7	9317	5483	
Von Marchegg bis zur Neudorfer-Brücke . . .	54		3	6	2	2		1134	2457	1	10		5350	4	10	8	6566	64800	70	8	3	5350	6566	
Von der Neudorfer-Brücke bis zur Donau . . .	90		5	6		10		2970	2475		10		2350	2		10	6813,4	67150	72	9	0	2350	6813,4	
					In der Donau bey Theben 5	3							67150 Klafter oder 16,787 Meilen	72	9	0	5538,14 im Mittel in der Donau 2029 bey 1 Fuſs über 0					61180 Klafter oder 15,294 Meilen		

Diese Messungen sind unter der speciellen Leitung des für die Wasserbaukunst zu früh verstorbenen, damahligen kaiserl. königl. Hofconcipisten Neurohr und dem Ingenieur Hagenauer, die bey mir die Wasserbaukunde mit vorzüglichem Fleiſse studirten, bewerkstelligt worden. Mein ältester Sohn *Carl* hat der Aufnahme und den Geschwindigkeitsmessungen, so wie dem gesammten Nivellement, von Ollmütz bis zur Donau, 6 Monathe über, beygewohnt, und öfters die Operationen des Nivellements gemacht. Junge Leute, die sich dieser Wissenschaft widmen, müssen niemahls die Gelegenheit verabsäumen, bey groſsen Operationen und Bauwerken sich practische Fertigkeiten zu erwerben!

§. 222. Die schwierigste Aufgabe bey der Schiffbahrmachung des Marchflusses und der Wahl der Mittel, zur Entfernung der Ueberschwemmungen, bestand darin: daſs zugleich die von der March getriebenen Mühlen fast alle beybehalten werden muſsten, wenn nicht das ganze Vorhaben scheitern sollte. Ich werde dieselbe nur bey einer Mühle aufzulösen haben, um den Leser zu überzeugen: daſs man bey allen übrigen, die unter der Zahl der zu conservirenden begriffen waren, auf eine gleiche Weise verfahren könne. Hiezu will ich nur die erste, den Abfluſs der March sperrende, Sr. Majestät dem Kaiser unmittelbar zustehende Mühle bey Gödingen wählen, Fig. 5. Tab. 97. Damit dieselbe und noch zwey andere Mühlen, nämlich die Neu- und Walkmühle, stets hinreichendes Wasser haben: so ist das Wehr *A* dergestalt angelegt worden, daſs die Oberfläche des untern Fluſsbezirkes 9′ 3″ 9‴ niedriger, als des obern, steht, daſs von dessen Rücken bis zum höchsten Wasserstande nur 2 Schuh 4 Zoll fehlen, wiewohl der Unterschied des höchsten und niedrigsten Wassers 7 Schuh ausmacht, daher denn das Fluſsbett oberhalb dem Wehr sich dergestalt erhöhete, daſs es 5½ Schuh höher, als das im Fluſsbezirke, gleich unterhalb dem Wehr, liegt. Hiezu kömmt noch, daſs die Freyschütze oder Seitenablässe der Gödinger-Mühle nur 11 Schuh breit sind, und ihr Fachbaum nur 4 Schuh 6 Zoll unter dem Sattel des Wehres liegen, da er doch bis zum natürlichen Abhange des Fluſsbettes, d. i. noch um 11 Schuh gesenkt seyn sollte. Es ist daher kein Wunder, daſs das Mühlwehr, woran man eine mit einer Kammer versehene Schleuse erbauet hat, die mit Aufziehschützen seit ihrer Erbauung verschlossen ist, ohne gebraucht zu werden, die wesentlichste Ursache aller Ueberschwemmungen, bis zur nächsten Mühle ist. Diese Schleuse ist eine wahre Satyre auf den Schleusenbau von Mähren: denn wem ist wohl in unsern Zeiten eingefallen, eine Kammerschleuse mit Aufziehschützen zu erbauen, und sie dergestalt zu legen, daſs der über das Wehr stürzende Strom jährlich öfters ihren Mündungs-Canal mit einer Sandbank verstopfe, welches bey dieser Schleuse der Fall ist, die hoffentlich bald einstürzen wird, da sie auch nicht den geringsten Nutzen hervorbringen kann, und, wie gesagt, *niemals* gebraucht wurde.

Um jene Bedingungen zu erreichen, habe ich folgenden Vorschlag gemacht. 1) Müssen zwey Seitencanäle 1. 2 Tab. 97. ausgegraben werden. Der erstere soll

zur Durchlassung der Hochgewässer, und der 2te zur Durchfahrt der Schiffe dienen. In jenem würde ich das im II. Bande S. 609. beschriebene Wehr 2. zur Abführung der Hochgewässer und zur Aufstauung des niedrigsten Stromes, und in diesem die beschriebene Schifffahrts-Schleuse 3. angelegt haben. (T. 96.) Diese wird bey Hochgewässern gleichfalls zu öffnen seyn, um einen Theil derselben abzulassen.

§. 223. Nach den angestellten Messungen und Beobachtungen sollten nach meinem Vorschlage folgende Entwässerungswehre angelegt werden. 1) Bey der Kupferhammer-Mühle ohnweit Ollmütz ein Wehr mit zwey Oeffnungen zu 13 $\frac{1}{2}$ Fuſs — also 27 Fuſs Oeffnung. 2) Ohnweit der Mühle zu Bolelauz mit zwey Oeffnungen zu 14 Fuſs — also 28 Fuſs Oeffnung. 3) Ohnweit der Mühle zu Cremsier mit zwey Oeffnungen zu 19 Fuſs — also 38 Fuſs Oeffnung. 4) Ohnweit der Mühle zu Quasitz mit drey Oeffnungen zu 13 Fuſs — also 39 Fuſs Oeffnung. 5) Ohnweit der Mühle zu Napagedel mit drey Oeffnungen zu 14 Fuſs also 42 Fuſs Oeffnung. 6) Ohnweit der Mühle Nadaconitz mit drey Oeffnungen zu 14 $\frac{1}{2}$ Fuſs — also 43 $\frac{1}{2}$ Fuſs Oeffnung. 7) Ohnweit der Mühle zu Ostrau mit drey Oeffnungen zu 15 Fuſs — also 45 Fuſs Oeffnnng. 8) Ohnweit der Mühle zu Wessely mit drey Oeffnungen zu 15 Fuſs — also 45 Fuſs Oeffnung. 9) Ohnweit der Mühle zu Rohatez mit drey Oeffnungen zu 15 $\frac{1}{2}$ Fuſs — also 46 $\frac{1}{2}$ Fuſs Oeffnung. 10) Nahe bey der Mühle zu Gödingen ein Wehr mit drey Oeffnungen zu 16 Fuſs — also zu 48 Fuſs Weite. Die Entwässerungs-Canäle, worin diese Durchlaſswehre zu liegen kommen, sollten $\frac{1}{3}$ breiter seyn. Während dem niedrigen Wasser wird man also die Wehre zum Behuf der Mühlen zusetzen, beym Eintritt der Hochgewässer aber schnell öffnen, wie dies Seite 607. 2. Band, beschrieben ist, und auf diese Weise dieselben unschädlich abführen.

Die zehn Seitencanäle, zur Schifffahrt dienend, sollten eine Breite von 40 Fuſs erhalten, da sie nur kurz sind. Auſser den 10 Kammerschleusen, werden zwischen Cremsir und Bolelauz, zwey Wasserstauungen mit Durchlässen, in das Bett der March, nothwendig, damit dieselbe die zur Schifffahrt erforderliche Tiefe stets behalte. Nur drey Mühlen, und zwar die schlechtesten, sollten bey diesem Vorschlage eingelöſst werden, weil sie durchaus mit den Anlagen der Schifffahrt und mit der Entfernung der schädlichen Ueberschwemmungen unvereinbarlich sind, nämlich die Cistower-, Kropiner- und Lanshuter-Mühlen. Der Ziehweg sollte eine Breite von 18 Fuſs erhalten, mit den nöthigen Brücken versehen seyn, und 5 bis 6 Fuſs über den niedrigsten Wasserstand zu liegen kommen, weil noch bey 3 bis 4 Fuſs der Strom für die Schifffahrt bequem ist.

Der Marchfluſs, auf diese Weise geleitet, wird, selbst bey der dürren Jahreszeit, auf seichten Stellen 3 $\frac{1}{2}$ bis 9 Schuh 8 Zoll Wassertiefe haben, nur zwischen 1 $\frac{1}{2}$ bis 4 Schuh Geschwindigkeit flieſsen, folglich für die Schifffahrt sehr bequem seyn!

§. 224. Die Vortheile, welche aus dieser Unternehmung zu erwarten sind, entwickelt folgende Darstellung. Wenn in Erwägung gezogen wird, daſs alle Waaren, die von der Levante nach dem Norden gehen, gröſstentheils Europa umschiffen müssen, so ist eine bequeme Commerzial-Straſse vom Adriatischen Meere bis zur Ostsee sehr wünschenswerth. Gegenwärtig entbehrt man dieselbe wegen der theuren Landfracht! Ist aber der Marchfluſs schiffbahr, so ist auf dem Wege von 177 Meilen, nämlich von Triest bis Stettin, nur ein Landweg von 71 Meilen zu machen; folglich eine Wasserstraſse von 106 Meilen. Dieselbe wird bestehen, *a*) in dem österreichischen Canal von Neustadt bis Wien; *b*) der Donau bis Theben; *c*) dem Marchflusse bis Ollmütz, und *d*) von Ratibor bis Stettin in die Oder. Bey diesem Wege kann der Kaufmann fast den Tag berechnen, an welchem seine Waare anlangt, und er hat keine Assekuranz zu bezahlen, wohingegen dieselben jetzt den Weg um Europa nehnehmen, das ist, bloſs von Sicilien angerechnet, 880 Meilen, machen müssen, und einem groſsen Risico ausgesetzt sind. Von Wien bis Ollmütz würde die Länge der Wasserstraſse 40 Meilen ausmachen. Rechnet man nur pr. Zentner und Meile 2 kr. Wasserfracht; so macht das bey einer Million Zentner, welche in den ersten Jahren von Wien nach Ollmütz und wieder zurück transportirt werden dürften, 1333333 fl. 20 kr. Hiebey ist vorausgesetzt, daſs immer noch der Vorurtheile und der zugefrornen Flüsse wegen der gröſste Theil von Waaren fortdauernd zu Lande gehen wird; welches wahrlich mehr ist, als man vorauszusetzen berechtiget ist. Sollte diese Million Zentner aber zu Lande transportiret werden: so beträgt der Transport 4000000 fl., folglich gewinnt der Staat und das Commerz jährlich 2666666 $\frac{2}{3}$ fl. Hieraus geht hervor: daſs alle Bedürfnisse, die aus Gallizien nach Wien kommen, um vieles im Preise fallen müssen. Ja! daſs man das gallizische Getreide und das mährische-Holz nach Wien verkaufen kann, welches erstere dorthin, um der kostbaren Landfracht willen, gegenwärtig gar nicht, und das letztere nur zu theuren Preisen eintrifft. Wird gerechnet, daſs jedes Pferd im Durchschnitte auf Landwägen 12 Zentner zieht, wenn es 5 Meilen Weges in einem Tage zurück legt, so gebraucht man zum nämlichen Transport, also (in 360 Tagen) täglich 231 Pferde. Zum Wasser-Transport sind aber nur täglich 20 Pferde nothwendig, wenn man viel rechnet, und die Winter-Monate abschlägt. Folglich werden 211 Pferde Jahr aus Jahr ein ersparet, die jetzt dem Ackerbau entzogen werden. Diese 211 Pferde beschäftigen wenigstens hundert Menschen, die sonst nützlicher verwendet werden könnten. Es kann auch zum allerwenigsten nach den bisher actenmäſsigen Angaben festgesetzt werden, daſs die Ueberschwemmungen des Marchflusses jährlich einen Schaden von 200000 fl. verursachen. Dieſs macht die Interessen von vier Millionen Gulden. Hiezu kömmt noch: daſs, der Ueberschwemmungen wegen, die besten Eichenwaldungen längs der March absterben, und die jungen Hölzer gar nicht nachwachsen können. Ja es steigen auch die Ueberschwemmungen von Jahr zu Jahr höher. So haben z. B. im

Jahre 1804 dreyzehen Hauptüberschwemmungen diese von der Natur so fruchtbaren Marchgegenden heimgesucht. Es ist daher eine radicale Abhülfe aller dieser Uebel, ein dringendes Bedürfnifs. Endlich werden beynahe acht Quadratmeilen Landes verbessert und ausgetrocknet werden können; für die Gesundheit der Flufsanwohner wird gesorgt, und die so oftmahls wegen schädlicher Ausdünstungen eingetretenen Viehseuchen entfernt.

Die Recapitulation der Vortheile ist demnach: *a*) in commerzieller Hinsicht 2666666 $\frac{2}{3}$ fl., *b*) in Hinsicht der Agrikultur 4000000 fl., *c*) in militärischer Rück- 1244800 fl.; *d*) in Hinsicht der künftigen Verbesserung der Flufsgegenden 5000000 fl. Es betragen demnach die Vortheile der Schiffbahrmachung 12,911496$\frac{2}{3}$ fl. Die Kosten derselben betragen 2,198055 fl. Da die jährliche Unterhaltung der ersten Abtheilung 40000 fl. macht, so belaufen sich die Interessen auf 800000 fl. (die Schifffahrt unterhält sich durch den Transport selbst). Die Ausgaben belaufen sich daher auf 2,998055 fl. Folglich beträgt der reine Gewinnst 9,913411$\frac{2}{3}$ fl. Da nun die zur Schiffbahrmachung der March abzweckenden Vorschläge in wasserbauwissenschaftlicher Hinsicht gemacht sind; dieser Flufs vielleicht derjenige ist, welcher in Europa den gröfsten Vortheil und zur Schifffahrt die gröfste Bequemlichkeit darbietet; die Fonds bereits vorgeschlagen und leicht beyzuschaffen sind, und zu der Schiffbahrmachung sich gewifs eine Compagnie vorfinden wird, wenn der Staat dieselbe nicht übernimmt: so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dafs jeder österreichischer Patriot die Realisirung jener Vorschläge nicht nur wünschen, sondern eifrigst befördern werde. Am 30. December 1804 wurde mein Vorschlag genehmigt; der Ruf nach Baiern und mehrere Rücksichten machten, dafs ich aus dem Oesterreichischen Dienst in den Baierischen trat; im Februar reiste ich nach München, und seit dieser Zeit haben ohne Zweifel die Kriege auch die Ausführung dieser Unternehmung gehindert.

§. 225. Zur Vermeidung der jetzigen Fahrt aus Ungarn gegen den schnellen Donaustrom von Theben bis Wien, zur Deckung des fruchtbaren, mehrere Dörfer ausmachenden, und etwa vier Quadratmeilen grofs seyenden, unterhalb Wien am linken Ufer der Donau liegenden *Marchfeldes*, gegen die so häufigen Ueberschwemmungen, könnte aus der untern March bis Wien ein Canal angelegt werden. Vor demselben liefe eine grofse Bedeichung (ein Damm), welche von der ausgegrabenen Erde gemacht würde. Dieser Canal müfste Schifffahrts-Schleusen, eine Breite von 60 Schuh erhalten, und aus der Donau gespeifst werden. Der eine Arm dieses Canals könnte unterhalb Schlofshof in die March, folglich nach Ollmütz; der andere in die Mündung des Marchflusses, folglich nach Ungarn führen. Beyläufig gerechnet wird dieser Canal und die Brücken nicht über zwey Millionen kosten. Der Damm wird, wie sich dies von selbst versteht, mittelst zwey Schifffahrts-Schleusen passirt, so dafs diese die Hochgewässer vom Canal und dem Marchfelde abhalten, wie in Holland und mehreren Ländern mit dem besten Erfolge geschieht, und wie dies im II. Bande, beym Schleusenbau, gelehrt ist.

Von der schiffbahrmachung des charente-Flusses in Frankreich.

§. 126. Der *charente-Fluſs* gehört, als Wasserstraſse betrachtet, zu den wichtigsten Flüssen Frankreichs; kein Wunder daher, wenn die Regierungen ihn schiffbahr zu machen suchten. Indessen blieb es bis 1772 bey Vorschlägen, bis der Oberingenieur *Tresaguet* diesen Gegenstand mit Einsicht und seltener Thätigkeit behandelte. Ich will hierüber das Wichtigste aus dem Werke von Lalande: canaux de navigation p. 392 — 401 ausziehen und mittheilen. Die vom Ingenieur Tresaguet entworfenen Arbeiten fangen bey Syvray an. Es sind drey Kammerschleusen mit Stemmthore, 70 kleine aus Werkstücken bestehende Schiffsdurchlässe mit Stemmthoren, welche letztere bey erstern noch niemals angewendet waren, gemacht worden. Bey Sivray, Vertueil und in der Vorstadt von Houmeau, unterhalb Angoulême, sollten Fluſshäfen kommen; endlich noch einige Fluſs-Rectificirungen, vermittelst Durchstichen und andere kleinen Werken gemacht werden; Anlagen, wozu die Kosten auf 1,171,213 Livres berechnet wurden, anstatt der 7 oder 8 Millionen, auf welche Summe sich die verschiedenen Vorschläge, unter der Regierung von vier Königen, beliefen. Bereits 1777 waren sechs jener Durchlässe vollendet, welche für die Passage der Kähne und kleinen Gabarrn, von 60 Tonnen, dienten, und in welchen diese Fahrzeuge auf 3 bis 3½ Fuſs Höhe in 10 oder 12 Minuten aufwärts geschleuſst werden, nämlich mit Hülfe einer Erdwinde, an der sechs Menschen drehen. Zuvor bedurfte man 30 Paar Ochsen, um solche Fälle zu passiren, und oft vergieng ein Tag, über dem Aufsuchen dieser Zahl Ochsen und dem Ausführen des Manövers. Schon hieraus kann man auf die Ersparung der Kosten, der Zeit, des Wassers und dem Stillstande der Mühlen schlieſsen. In dem Plane, welchen Tresaguet im September 1772 machte, handelte er die Construction der Durchlässe ab, und gab Mittel an, sie zu vervollkommnen, so wie auch, um den Hindernissen, die man auf dem Nieder-Charente antraf, obgleich es dort schon einige Durchlässe gab, zu begegnen.

§. 127. Die Schiffs-Durchlässe (pertuis) nannte man in einigen Provinzen Halbschleusen, einfache Schleusen, fr. portières, portes marinières, portes de garde, par de roi, passe-lys, oder passelys; es sind Durchgänge auf einem Fluſs, wo das Wasser zurückgehalten ist, welche man öffnet, um die Fahrzeuge durchgehen zu lassen. Mit Hülfe des Stromes gehen sie hinab, und steigen stromaufwärts mittelst Maschinen, Pferden und Ochsen. In wenig reissenden Flüssen, wie z. B. die Charente, die in niedrigen aus Wiesen bestehenden Ufern flieſsen, ist es vortheilhafter sich der Durchlässe als der Kammerschleusen zu bedienen; weil man in den Mühlwehren bequeme Durchlässe anbringen kann. Wollte man statt dieser Durchlässe Kammerschleusen anlegen: so müſsten sie weiter von einander entfernt werden, um die Unkosten nicht zu vermehren, und man müſste eine groſse Anzahl Mühlen eingehn lassen; auch höhere und stärkere Wehre mit bedeutenden Kosten anlegen. Ueberdies kostet die Anlage einer Schleuse dreymal so viel, als die eines Durchlasses, da die Charente

mit Mühlen übersät ist, deren Gefäll fast immer weniger als 3½ Fufs beträgt, so bediente sich Tresaguet nur der Schiffsdurchlässe, ausgenommen an drey Orten, wo das Gefäll gröfser als 4 Fufs war, nämlich bey der Eisenhütte zu Ruffet, bey den Mühlendämmen zu Minotte, Lezai und Refons. Aber er wählte nicht solche, wie sie auf den meisten schiffbahren Flüssen und namentlich auf der Nieder-Charente gebräuchlich waren, welche nämlich mitten in den Wehren angebracht sind, wodurch ein sehr unsicheres und gefährliches Manöver, beym Durchlassen der Schiffe, entsteht. Dabey war der dadurch fallende Strom gegen das Ufer gerichtet, wodurch Widerströme, die das Schiff an sich zogen, entstanden, so dafs sich oft unglückliche Zufälle ereigneten, und jährlich mehrere Schiffe untergingen. Endlich war es noch nöthig, eine Verbesserung bey der Art des Schliefsens der Durchlässe anzubringen: der Gebrauch der perpendiculair stehenden Pfosten oder der horizontal liegenden Zulegebalken, verursacht nicht blos einen grofsen Wasserverlust, sondern erfordert auch viel Zeit. Allen diesen Nachtheilen begegnete Tresaguet mit seinen neuen Durchlässen, durch die Auswahl der Baustelle, der Richtung der davon ausgehenden Canäle, und durch die Einrichtung der langen Seitenmauern, welche den Fall vermindern, so wie auch vermittelst der Stemmthore und Schütze nach seiner neuen Construction. Sie wurden an einer Seite der Wehre angebracht, weil die Durchschleusung dadurch unendlich erleichtert wird, denn da eine Seitenmauer immer längs dem Ufer geht, so können die Schiffer ohne Mühe anlanden, und die Thore sind bequem zu öffnen. Die Erdwinde, welche zum Heraufziehen der Fahrzeuge dient, bringt man am vortheilhaftesten Platz des Ufers an, damit das Thau den kleinstmöglichen Winkel mit der Richtung des Wassers und der Länge des Schiffes mache; es wird alsdann auch viel leichter die zum Ziehen des Fahrzeugs dienenden Thaue ab- und anzubinden, so wie die Thiere, die auf den Ziehweg gehen, an- und abzuspannen. Wären im Gegentheil diese Durchlässe mitten im Flusse, so wären sie nur durch schmale Wehre zugänglich, die so, wie der Flufs nur etwas anschwellε, in Gefahr wären, vom Wasser bedeckt zu werden. Als *Tresaguet* bemerkt hatte, dafs die Zunahme an Geschwindigkeit durch einen Fall von drey bis vier Fufs auf eine Entfernung von 360 Fufs noch merklich war, so gab er den Seitenmauern der Durchlässe eine Länge von 360 bis 480 Fufs, welches allerdings mit bedeutenden Kosten verknüpft, aber für die Passage der Schiffe sehr zuträglich war. Betrug der Fall 12 bis 15 Zoll, so erhielten die Seitenmauern eine Länge von dreyfsig Schuh. Doch ich verweise in dieser Rücksicht auf die defswegen vorgetragenen Grundsätze! Tresaguet wählte, statt der Aufziehschütze, der Balken oder Pfosten-Durchlässe, ein aus zwey Thorflügeln bestehendes Stemmthor, das, nicht weit vom Anfange des Durchlasses, so eingerichtet wurde, wie ich es im §. 107. beschrieben habe. Auf diese Weise dient die Schiffbahrmachung der Charente als ein lehrreiches Muster zu Unternehmungen der Art.

§. 128. Diese Materie dürfte nicht besser, als mit dem Entwurf einer *Verordnung über die polizeylichen Vorschriften und über die Mittel, in Beziehung auf eine gute Leitung der Flüsse, auf die Erhaltung der Ufer, die Vermeidung verderblicher Ueberschwemmungen und auf die Benutzung der fliessenden und zugleich floſs- und schiffbahren Gewässer, zur Treibung der Maschinen, zur Speisung der daraus abgeleiteten Canäle und Gräben beschlossen werden.* Die Grundsätze der Wasserbaukunst sind nirgends in Anwendung zu bringen, wo es an zweckmäſsigen Gesetzen, über die obigen Gegenstände, fehlt, weil dem Wasserbaudepartement viele kleinlich und neidisch gesinnten Menschen auf alle erdenkliche Art entgegenwirken, und der Sieg über die einzeln Hindernisse mit unübersteigbaren Schwierigkeiten und Gegenwirkungen verknüpft ist, die ich leider in meinem Wirkungskreise zu bekämpfen hatte und noch habe, und denen schwerlich ein in groſsen Geschäften stehender Ingenieur entgehen wird! In dieser Hinsicht, und da diese Materie von einsichtsvollen und das Gute befördernden Geschäftsmännern gelesen werden wird, gehört der Entwurf zu gesezlichen Vorschriften, auch zu diesem vorzüglich das Nützliche bezweckenden Werke. Sie können nach den verschiedenen örtlichen Verhältnissen modificirt werden, und dürften im Allgemeinen folgende seyn können!

Entwurf zu einer Fluſsbau-Polizey-Verordnung.

§. 129. In Erwägung, daſs die Flüsse eines Landes nur alsdann für die Agrikultur und die Schifffahrt vortheilhaft geleitet und benutzt, die von ihrem Gewässer in Umtrieb gesetzten Maschinen ohne Nachtheil der Uferlande und ohne die schädliche Erhöhung des Bodens und der Oberfläche dieser Gewässer zu bewirken, angelegt werden können, wenn über die Mittel zum Fluſsbau und über die Fluſsbaupolizey bestimmte Vorschriften bestehen, so wird verordnet:

I. In Hinsicht der polizeylichen Vorschriften.

1) Damit die Fluſsbette nicht zum Nachtheil der Schiffahrt, so wie der Uferlande und Ziehwege erhöhet werden, welches besonders in Gebirgsgegenden durch die von den Bergen herabrollenden Steinmassen, Kiesel und Sand bewirkt wird, so haben die Forstbehörden strenge darauf zu wachen, daſs die auf den Bergabhängen längs Flüssen und Wildbächen stehenden Wälder und Holzungen, welche das Herabrollen der Steine verhindern, nur theilweise geschlagen und der Boden nie vom Buschwerk oder Haidekraut entblöſst, sondern daſs diese Waldungen so viel als möglich erhalten werden. Dieses Zurückhalten der aus dem Gebirge kommenden Kiesel, ist entweder auf Staatskosten oder auf Kosten der an den Gebirgsbächen wohnenden Grundeigenthümer, wenn ihre Grundstücke davon überschüttet werden, dadurch zu bewirken, daſs man die Thäler, woraus diese Bäche hervortreten, mit Balken-, Pfahl-, Faschinen- oder Steindämmen (Thalsperren) abdämmt, die Quellen aus den wasserhaltigen Bergabhängen, die sich von dem Gebirge trennen wollen

abbohrt, dann einfafst und ableitet; dafs man einzelne Stützmauern aufführt, das Steingerölle, über die Chausseen, in Balkengerinnen, dann in tiefe Thäler, herabrollen läfst; die höher als das Land liegenden Wildbäche von grofsen Steinen reinigt und in hinreichend hohen Stein-Bewallungen einfafst, und endlich das Triften des Scheiterholzes nicht in denjenigen Jahreszeiten vornehmen läfst, worin die Gewässer gewöhnlich sehr hoch anschwellen. Es sind auch die an einem Flufs angrenzenden Grundeigenthümer verbunden, alle Bäume, die auf einem Bruchufer stehen, abzuhauen und fortzuschaffen, ehe sie in den Flufs stürzen und auch bey schiffbahren Flüssen, sobald sie den Ziehweg schmälern. 2) Die Anlage der Ziehwege und der Streichbäume, worüber das Schiffsseil hingleitet und die Stellung der Maschinen zur Anlage der zum Behufe der Ziehwege erforderlichen Bebrückungen und zur Räumung des Flusses, endlich das Anlanden der Schiffe und Flöfse an die von der örtlichen Polizey-Behörde vorgeschriebenen Landungsplätze, mufs Jedermann auf seinem Eigenthume gestatten und nur in besonderen Fällen kann auf eine durch Schätzmänner auszumittelnde Entschädigung Anspruch gemacht werden. Die Schätzmänner sollen, in diesem und ähnlichen Fällen, aus einem Abgeordneten der Wasserbaubehörde, des Gerichtes und des Eigenthümers bestehen und dabey der laufende Preis der Grundstücke oder Gebäude zur Norm angenommen werden. 3) Die stehenden Wurzeln und Baumstöcke sind, zur Abwendung der Versandungen, Erzeugungen einer nachtheiligen Flufsbahn, erst alsdann von den Grundeignern oder Forstbehörden fortzuschaffen, wenn sie vom Strome dergestalt unterhöhlt sind, dafs ihr baldiger Einsturz voraus zu sehen ist, d. h. längs den Bruchufern. Früher sollen sie defswegen nicht ausgerottet werden, weil sie zur Festigkeit des Ufers beytragen. Allen diefsfalls von dem Wasserbaubeamten zu treffenden Anordnungen ist von den Flufsangränzenden, sie seyen Private, Communen, Corporationen oder die Verwalter der Waldungen des Landesherrn, pünktliche Folge zu leisten. Im Zögerungs- oder Weigerungsfalle sind die Wasserbaubeamten befugt, die Wegräumung des Holzes, auf jener Kosten, bewerkstelligen zu lassen; und hat sodann jede Polizeylocalbehörde, auf ihre Requisition, die Execution zu bewerkstelligen. Da wo das abgehauene Holz die Kosten deckt, ist dieses zu verkaufen. 4) Der Schiffziehweg wird, für ein bis 2 Pferde auf 10, für 2 bis vier Pferde auf 12 und für vier bis 8 Pferde auf 16 Fufs Breite festgesetzt, und da die Schifffahrt allen Grundeignern wichtig ist, so soll demjenigen, welcher denselken vorsätzlich schmälert oder nicht gehörig vom Buschwerke befreyt, oder dafür nicht längs seinem Eigenthume, es bestehe aus Aeckern, Gärten, Wiesen, Viehweide u. s. w. den erforderlichen Raum liegen läfst, jedesmal in eine Geldbufse von 50 fl. verfallen. Bei solchen Ufereinbrüchen längs den Ziehwegen, wo nicht augenblicklich mit einem Bauwerke der Erweiterung des Einrisses gewehrt werden kann, sollen die Grundeigner einzelne mit ihren Zweigen versehene Bäume an den Ufern anhängen, und mittelst Pfählen an Seilen befestigen. Die dabey vorgefallenen Kosten sollen dem Grun-

eigner, in so fern diese Maafsregel von dem Wasserbaubeamten als nothwendig befunden worden ist, aus der Staatskasse ersetzt werden. Wer die zum Behuf der Ziehwege erbauten Brücken und Uferbauten, Streichbäume und Gatter beschädigt, verfällt in eben diese Strafe; die zur Landöconomie oder zum Privatgebrauch von Kommunen und Privaten zu erhaltenden und zugleich für den Ziehweg über Nebenflüsse und Gräben errichteten Brücken, müssen von denselben gut unterhalteu werden; die blos um der Ziehwege willen nothwendigen Brücken, sind von Staatswegen oder von denen die Schifffahrt gepachtet habenden Korporazionen zu besorgen. 5) Da die Flüsse weder zweckmäfsig zu leiten, noch von den Anwohnern, ohne Nachtheil der Schiff- und Flofsfahrt oder der Uferlande, zu benutzen sind, wenn nicht eine wasserbaukundige Behörde die Oberaufsicht darüber führt, so soll von Niemand, wer es auch sey, willkührlich an den schiff- und flofsbahren Flüssen: weder mit Bauwerken aller Art, mit Holzanpflanzungen, Versetzungen, Verzäunungen oder mit den sogenannten Fischerzäunen, mit Ausrottung von Buschwerk oder Wäldern, eine Veränderung, ihrer Ufer und ihres Laufes, vorgenommen werden; und die Grund- und Senkbäume, so wie die Fischerzäune sollen, bey einer Strafe von 50 Rthlr., in einem flofs- und schiffbahren Flusse, nicht angelegt werden. 6) Es soll weder eine Ableitung aus diesen Flüssen erneuert noch geändert werden, ohne dafs die Localwasserbaubehörde davon: entweder von der Stelle, welche diese Arbeiten zu unternehmen gedenkt, von den Kommunen, den einzelnen Grundeignern oder von den Besizern der vom Wasser getriebenen Maschinen aller Art, in Kenntnifs gesetzt worden sey, und bis hierüber nicht vom Wasserbaudepartement oder der ihm unterstehenden Behörde, entschieden wurde. Es wird auch mit den aus solchen Flüssen abgeleiteten Canälen keine eigenmächtige Veränderung mit ihren Ein- und Ausmündungen gestattet werden, weil diese eines Theiles auf die schädliche Erhöhung der Flufsbetten zurückwirken und andern Theiles den Abflufs ihrer Hochgewässer schwächen können. 7) So wünschenswerth für die Agrikultur auch die Anlage von Bewässerungen ist, welche gegen Grundentschädigung über jede Grundbesitzung geführt werden darf, weil dadurch die Agrikultur zunimmt, so sollen dennoch die Bewässerungscanäle, ohne Zustimmung der Wasserbaubehörde, aus solchen Flüssen nicht abgeleitet werden, deren Bett durch die Entziehung einer so grofsen Wassermasse versanden müfste, oder bey denen die daran liegenden Maschinen nicht mehr vom Wasser in Umtrieb gesetzt werden können, und es sollen die Ingenieurs, wo möglich, auf Vorschläge denken, nach denen die Bewässerung, in gewissen Tagen und Stunden, zu bewerkstelligen ist; in welchen die Maschinen nicht im Umtriebe seyn dürfen. Bey Flüssen, die wenig Wasser führen und mit deren Gewässer zur Flofs- und Schifffahrt spahrsam gewirthschaftet werden mufs, ist die Einrichtung mit den Wasserrädern der Maschinen vorzüglich dadurch zu verbessern, dafs die Kröpfung oder der Fall des Gerinnes, diesen Rädern so nahe als möglich gebracht werde, damit das Wasser auf die Schaufeln den gröfst-

möglichsten Effect ausübe, und zur Verhinderung des Stauwassers unter den Rädern sind die Mühlcanäle mit dem Seiten- oder Ablafscanal oder auch mit dem Flusse selbst unter einem spitzen Winkel zu vereinigen und ihre Neigung durch ihre möglichste Verlängerung zu vergröfsern. 8) Es dürfen weder in diesen Canälen, noch an oder in den Flüssen, Maschinen jeder Art, ohne Zustimmung der Wasserbaubehörde angelegt oder mit den darin bestehenden Wehren, Grund-, Senk- oder Fachbäumen eigenmächtige Abänderungen vorgenommen werden. Es soll auch, bey der Legung und Erneuerung der Fachbäume von Maschinen, die Localwasserbaubehörde assistiren; es sind die oberen und unteren Maschinenbesitzer und Vorsteher der Gemeinden beyzuziehen, und es ist ein förmliches Protocoll darüber abzuhalten, zu welchem Ende steinerne Säulen eingegraben werden müssen, woran, oder an dem Gebäude, eine Linie gezogen wird, auf welche sich die Höhe des Fachbaums bezieht. 9) Schiffmühlen sind weder vor Bruchufern, oder in der Nähe von Chausseen noch vor Brücken zu dulden, weil sie schädliche, das Ufer einstürzende Widerströme hervorbringen und die Tiefe des Bettes in ihrer Nähe vermehren. 10) Auch die auf den Lauf der Flüsse einwirkenden Dämme sollen ohne Zustimmung des Wasserbaudepartements, an schiff- und flofsbaren Flüssen und allen Flüssen wo Grundeigner gegen ihre Anlage Beschwerden führen, nicht angelegt werden, daher ist die Aufführung von Dämmen zuvor dem Wasserbaudepartement anzuzeigen, und den Flufsanwohnern bekannt zu machen. 11) Auch diejenigen Bäche und kleinere Flüsse, welche sich in die schiff- und flofsbaren Flüsse einmünden, dürfen in ihrem unteren Bezirke oder bey ihrer Mündung selbst, nicht mit Durchstichen, Bauwerken oder Anpflanzungen willkührlich anders geführt werden, indem von der Art, wie die Vereinigung der fliessenden Gewässer statt findet, eine Aufstauung ihrer Oberfläche, folglich Ueberschwemmungen entstehen, oder ein schneller, d. i., ein unschädlicher Abflufs der Hochgewässer bewirkt wird, oder auch eine auf den Lauf des Rezipienten schädliche Kies- oder Sandanlage hervorgebracht werden kann. 12) Eben so wenig darf ohne einen besondern und durch genaue Lokaluntersuchung begründeten Vorschlag der Oberbaubehörde, die Theilung eines Flusses in mehrere Flufsäste bewerkstelligt, oder mit diesem ihrem Scheidungspuncte eine Veränderung durch Bauwerke oder Durchstiche bewirkt werden. 13) Es darf von Niemand in schiff- und flofsbahre Flüsse oder in die aus diesen Flüssen abgeleiteten Canäle und in Flufshäfen, Unrath, Kies und Sand geworfen werden, und zwar bey einer Strafe von 20 fl. 14) Auf den Vorufern der Flüsse dürfen, ohne Bewilligung der Wasserbaubehörden, weder Kiesel zum Kalkbrennen oder zum Pflastern, noch Sand, fortgenommen werden, weil die Vorufer auch die wirklichen Ufer schützen, und Einflufs auf die Richtung der Flufsbahn haben. In dieser Hinsicht soll Niemand auf den Kiesbänken oder Inseln die von den Hochgewässern gebrachten Baumstöcke und Wurzeln, oder das Treibholz, ohne Bewilligung der Flufsbaubehörden, wegnehmen

dürfen; dieses Holzwerk verursacht auch öfters für die Flufsbahn nützliche Versandungen, Kiesbänke und Vorufer, und endlich Inseln; man wird daher die Nützlichkeit dieser Verfügung erkennen. 15) Die Joche und Pfeiler der über flofs- und schiffbahre Flüsse anzulegenden Brücken müssen, so weit als möglich von einander entfernt, und in der Richtung des Hauptstromstrichs oder Fahrwassers gelegt, immer aber wenigstens Oeffnungen von 36 Fufs Weite zulassen, und der Brückenweg mufs so hoch liegen, dafs die in Gebrauch seyenden Flufsschiffe, bey demjenigen Wasserstande, bey welchem noch die Flufsschifffahrt statt findet, unter der Brücke durchfahren können. Wer gegen diese Vorschrift handelt, mufs die Brücke auf seine Kosten abbrechen, und eine Strafe von 50 fl. erlegen, auch den Flöfsern und Flufsschiffern ihre Versäumnifs und den Schaden bezahlen. Diese Verfügung gilt nicht nur bey neuen Brücken, sondern auch bey solchen, die ausgebessert werden, vorzüglich die Bestimmung wegen der Höhe des Brückenwegs. Solche für die Schiff- und Flofsfahrt gefährliche Joche müssen bey eingetretener Abänderung des Stroms, ohne Aufschub durch neue und nach dem Laufe des Flusses eingerichtete und aus hohen Jochen bestehende ersetzt werden. 16) Es wird also in Beziehung auf diese Puncte dem Wasserbaudepartement die oberpolizeyliche Aufsicht über die flofs- und schiffbahren Flüsse des Reiches und über die Wehrbauten der übrigen fliefsenden Gewässer ertheilt. Es sollen daher alle Behörden dasselbe durch Vermeidung aller Weitschweifigkeiten und aller Verzögerungen, so wie durch Befolgung, der von ihm ertheilten Aufträge unterstützen, und eine jede untere Localbehörde, so wie die Kommunen und Privaten, sollen eine Strafe von 50 Rthlr. erlegen, wenn sie obigen Vorschriften zuwider handeln. Von dieser Strafe so wie von allen übrigen Strafen, soll ein Drittheil den Schulen, ein Drittheil dem Armenfond des nächstgelegenen Orts, und ein Drittheil dem Anzeiger zufallen. 17) Die mit Buschholz bewachsenen, in der Flufsbahn entstandenen Inseln der schiff- und flofsbahren Flüsse, über deren Besitzstand sich die Nutzniefser nicht ausweisen können, gehören dem Staate, weil diese Flüsse ein Regale oder Nationaleigenthum sind, und das auf den Inseln wachsende Buschholz zu den öffentlichen Bauten verwendet werden mufs, um mit einem geringen Aufwande das allgemeine Beste zu bezwecken und gröfsere Bauten aufführen zu können. Alle in dieser Hinsicht bestehende Mifsbräuche sollen daher aufhören, und in den Flufskarten sind solche Inseln als zum Staatsärar gehörig einzutragen. Ohne diese Maafsregeln läfst sich auch der Lauf der Flüsse nicht verbessern, weil hierzu Durchstiche der Inseln, die Theilung des Stroms durch an den Inseln anzulegende Bauwerke oder die Forttreibung der Inseln, nothwendig werden. 18) Bekanntlich sind die in den Flüssen liegenden Ueberfallwehre die Hauptursache verderblicher Ueberschwemmungen, weil sie den Abflufs der Hochgewässer hemmen; sie tragen daher zur Erhöhung der Flufsbetten bey, folglich auch zur Erschwerung der Flofs- und Schifffahrt, und zu den Versumpfungen der Thäler. Es wird also verordnet, dafs in allen neuen Wehren, oder in solchen, die man aus-

bessert, die wohlfeilen Balkendurchlässe oder mit Schützen versehene Grundablässe angelegt werden, durch welche die Hochgewässer unschädlich für die Uferlande abfliefsen können. Als Beyspiel dienen die bey Nürnberg, Kaufbeuern und Altötting seit zwey Jahren in Baiern angelegten, im 2ten Bande beschriebenen, Durchlafswehre. Das Departement des Wasserbaues sowohl als die polizeylichen Behörden werden für die Befolgung dieser Vorschrift verantwortlich gemacht. Die Localwasserbauinspectotoren sollen daher zu dem Entwurfe der Balkendurchlässe und Ablafsschützen, von allen Behörden, Kommunen oder Privaten, die die Bewilligung zur Anlage eines neuen Wehres erhalten haben, oder die mit bereits vorhandenen Wehren, Hauptausbesserungen vornehmen, eingeladen werden, und diese Entwürfe sind in bauwissenschaftlicher Hinsicht von dem Wasserbaudepartement zu prüfen, zu verbessern und zu genehmigen, oder in Fällen, wo die Bauobjecte zu weit von der Hauptstadt entfernt sind, blofs von den Provinzialbaudirektoren zu bewilligen. Die Anlegung der Grundablässe, die man zuweilen Freyarchen nennt, hat auch bey den kleinern Flüssen und Bächen einzutreten, weil die daran liegenden Grundstücke, von dem durch die Ueberfallwehre und den Gerinnen der Wasserräder aufgestauten Gewässer fast jährlich überschwemmt werden. Da aber diese Einrichtung, den Absichten nicht entsprechen würde, wenn man solche Durchlässe zur Zeit der Anschwellung der Gewässer nicht öffnete, so wird allen Polizeybehörden befohlen, auf das Oeffnen dieser Durchlässe zu wachen. Diejenigen Vorsteher der Kommunen, Beamte und Eigenthümer solcher Wehre, deren Pflicht es mit sich bringt, die Balkenwände oder Schütze öffnen zu lassen, sollen mit einer Strafe von 50 Rthlr. belegt werden, wenn sie dieses Oeffnen bey den für die Uferlande nachtheiligen Anschwellungen der Gewässer unterlassen. 19) Nach und nach sind bey allen vom Wasser getriebenen Maschinen zur Ablassung der Hochgewässer und Spühlung, der dieselben treibenden Bäche und Canäle, kleine Balkengrundablässe anzulegen, binnen 3 Jahren aber in allen *solchen* Canälen, welche durch die Städte des Reiches fliefsen, um mit dem dadurch strömenden Wasser: die Canäle von Unrath zu säubern, und andern Theils den Hochgewässern einen unschädlichen Abflufs zu gestatten. In so fern die den Lauf der Flüsse hemmenden Ueberfallwehre, so wie die ohne hinreichende weite gemachten Freyschütze oder sogenannte Leerfluther versehene Gerinne der Maschinen aller Art, für die Flufsthäler äufserst verderblich sind, und zum Vortheil eines einzelnen Maschinenbesitzers die Agrikultur ganzer Gemeinden nicht unterdrückt werden darf, so sollen diejenigen Ueberfallwehre und Gerinne, gegen deren Lage oder Höhe in den eingekommenen Beschwerden gegründete Einwendungen gemacht werden, solche Grundablässe erhalten, welche die Gewässer, sobald sie zu einer den Uferlanden schädlichen Höhe anschwellen, erniedrigen. Diese Grundablässe sind auf Kosten (welche eine unbedeutende Summe betragen) derjenigen anzulegen, welche vermittelst der Ueberfallwehre, Grund-, Senk- oder Fachbäume, das Wasser auf ihre Maschinen leiten, dasselbe zum Behuf des Holzflöfsens

oder der Wiesenbewässerungen aufstauen; denn die Flüsse gehören der Nation, und dürfen nicht von Einzelnen zum *Nachtheil* Vieler benutzt werden. Aus diesem Grunde müssen auch, wenn diese Wehre der Maschinen wegen angelegt sind oder bestehen, die Besitzer der an flofs- und schiffbahren Flüssen liegenden Maschinen, die Durchlafswehre so wie die Schiffs- und Flofsdurchlässe, auf ihre Kosten öffnen und verschliefsen, ohne dafür auf eine Entschädigung Anspruch zu machen, oder die Schiff- und Flofsfahrt aufzuhalten. Auch die sogenannten queer über die Bäche und Flüsse angelegten Senk- und Grundbäume, womit das Wasser den Mühlgräben zugewiesen oder eine Aufstauung des Wassers, zum Umtrieb eines Rades bewirkt wird, sollen weder der Schiff- noch Flofsfahrt hinderlich seyn; folglich bey den schiffbahren Flüssen, ohne Durchlässe, künftig nicht angelegt werden dürfen, und bey flofsbaren Flüssen mit Flügelwänden, zwischen denen die Flofse herab gleiten, auf Kosten der Mühlbesitzer, versehen werden. Die Einrichtung der Schiffsdurchlässe in bestehenden Wehren oder in den zur Bewässerung oder zur Treibung von Maschinen angelegten Grundbäumen, sind entweder auf Staatskosten, von Gesellschaften oder Privaten zu errichten, je nachdem die Zwecke den allgemeinen oder Privatvortheil beabsichtigen und Verpflichtungen bestehen; denn diejenigen Besitzer von Maschinen, welche bey Anlegung des Wehres versprochen haben, damit der Schiff- und Flofsfahrt kein Hindernifs zu verursachen, müssen solche Schiffsdurchlässe auf ihre Kosten bauen und unterhalten. Wenn die Schiffbahrmachung eines Flufses, solche Durchlässe, so wie Nebencanäle mit Kammerschleusen, nothwendig macht, so soll der Maschinenbesitzer dazu die Hälfte beytragen, wenn er jenes Versprechen gemacht hat, und die andere Hälfte bestreitet die Staatskasse. 20) Die in den flofs- und schiffbahren Flüssen oder in den daraus abgeleiteten Canälen angelegten Separationswehre sollen zum Nachtheil der Uferlande, der Schiff- und Flofsfahrt, nicht erhöhet oder verlängert werden; es sey denn, dafs das Wasserbaudepartement diese Erhöhung oder Verlängerung für nützlich und nothwendig hält. Die Localwasserbau- oder Polizeybehörden werden hierüber wachen, und den gegenwärtigen Zustand solcher in Flüsse hineingelegten Bauten und Dämme untersuchen, die darüber bestehenden Verträge und Localverordnungen, mit dem gegenwärtigen Zustande dieser Anlagen vergleichen, und die Vorschläge zu den Verbesserungen vorlegen. Diejenigen Communen, Corporationen, Privaten oder öffentliche Anstalten, welche solche Wehre zum Betrieb ihrer Maschinen nothwendig haben, müssen die Kosten der Verbesserungen tragen, weil Niemand die Flüsse zu seinem Gebrauche allein benutzen darf, wenn durch diesen die Uferbewohner leiden. 21) Die Agrikultur ist die Hauptgewerbsquelle eines Staats; deswegen sollen diejenigen Besitzer von Maschinen, von Bewässerungs- oder Entwässerungscanälen, welche diese Canäle und ihren Maschinencanal über niedrige Gegenden gegen billige Entschädigung der Grundbesitzer, zu führen befugt sind, solche Wasserleitungen in dauerhaften Dämmen, auf ihre Kosten erhalten, und den durch ihren Austritt verursachten

schaden, nach der gerichtlichen Taxe, bezahlen. 22) In dieser Hinsicht dürfen die Triftanstalten eines Landes nicht mit der Erhaltung der Ufer und der Abwendung der Ueberschwemmungen in Widerspruch stehen, denn sie erfordern eine von den gewöhnlichen Ueberlaſswehren in einer Schwelle und einem Kronholz eingesetzte Pfostenwand. Legt sich dann vor dieser Wand das Triftholz, so wird der Abfluſs des Wassers gehindert; es entstehen daher Ueberschwemmungen, oder die Ueberlaſswehre brechen durch. Besonders sind solche Triftanstalten bey Bergflüssen äuſserst nachtheilig und unwirthschaftlich; denn das Holz wird von dem angelaufenen Strom auf die Ufer und Kiesbänke geflötzt, von welchen man es wieder mühsam in den Fluſs bringen muſs, indem die Gebirgsflüsse schnell steigen und fallen. Es muſs daher bey den vorhandenen Triftanstalten untersucht werden, ob die dabey angegebenen Vortheile wirklich vorhanden sind, und ob man dieselben nicht in Hinsicht anderer hydrotechnischer und staatswirthschaftlicher Rücksichten aufgeben, und an ihre Stelle das Flöſsen der groſsen aus den Gebirgen in Bächen herabgeschwemmter Hölzer, auf wirklichen Flöſsen, der Triftung vorziehen müsse. 23) Die Zentralstellen sowohl als die Landesbehörden und Finanzdirectionen haben in Betreff dieser Gegenstände ihre Berichte an das Finanzministerium zu erstatten, wobey der Chef des Wasserbaudepartements das Referat über dieselben führt; die übrigen Behörden aber an dieses Departement und die von dieser Stelle erlassenen Aufträge sollen pünktlich befolgt, oder es sollen die Einwendungen demselben berichtlich vorgelegt werden. Betrift der Gegenstand die Bewilligung der Geldmittel einer Commune oder das Stiftungsvermögen, so hat die Landesstelle, in Rücksicht der Mittel, an das ihr in dieser Hinsicht vorgesetzte Ministerium den Bericht zu erstatten, welcher dem Chef des Wasserbaudepartements zum Referat zugetheilt werden soll; eben so soll es gehalten werden, wenn über die Mittel Differenzen obwalten: ob sie nämlich aus dem Finanzvermögen, oder von den Stiftungen, Kommunen, oder Privaten bestritten werden sollen; denn wer die Zwecke will, muſs die Mittel in einer konsequenten Geschäftsführung auffinden können, und alle zeittödtenden, kostspieligen und unnützen Schreibereien vermeiden. 24) Will eine Behörde, Commune oder Privatperson an und in einem schiffbahren Flusse bauen, demselben zu ihrem Vortheile eine andere Richtung geben, Anpflanzungen machen, Buschwerk und Waldungen in Wiesen oder Ackerland umwandeln, oder die Mündung des in einen solchen Fluſs sich ergieſsenden Baches verändern und an oder in den aus den schiff- oder floſsbahren Flüssen geleiteten Fluſsästen und Canälen bauen, so hat dieselbe sich an die Localwasserbauinspektion zu wenden, mit welcher die andern Localbehörden kommuniziren, und an welche die Communen und Privatpersonen Gesuche richten. Erfordert der Gegenstand eine Localuntersuchung, so wird die Localpolizeybehörde mit beygezogen, ein gemeinschaftliches Protocoll gehalten, welches der Wasserbauinspector und Polizeybeamter oder der Munizipalitätsvorstand, je nach ihrem Dienstalter, zuerst unterschreiben. 25) Bewirkt der vorzunehmende Bau oder die Anpflanzung keinen Einfluſs auf die Haupt-Richtung des Stromes, dient derselbe daher nur zur Beschützung der Ufer und zur Vertiefung einer regulären Fluſsbahn, so kann zur Ausführung geschritten werden. Sind diese Beamten aber nicht einverstanden, so berichtet darüber die Polizeybehörde an die Landesstelle, und die Wasserbauinspektion an die Wasserbaubehörde des Kreises, wo sodann darüber entschieden, oder von der Landesstelle an das Ministerium und von der Kreisbaubehörde an die Generaldirection des Wasserbaues berichtet wird. 26) Ausbesserungen der für den Lauf des Flusses unschädlichen Bauwerke können von der Wasserbauinspektion, ohne weitere Anfrage, bewilligt werden. Hingegen hat dieselbe auch darauf zu sehen, daſs die älteren beschädigten

Bauwerke, wenn sie zur Verbesserung des Laufes eines Flufsbezirks wirklich beytragen, oder eine reguläre Flufsbahn bezwecken, auf Kosten desjenigen Fonds der Commune oder des Privaten unterhalten werde, von dem sie angelegt wurde. Bey einer Verweigerung der von Seiten der Wasserbauinspektion geschehenen Einladung wird nach Nro 3. verfahren. Es kann daher die Wasserbauinspektion die Polizeybehörde und diese jene zu einer gemeinschaftlichen Commission einladen, deren Kostenbetrag von dem Fond derjenigen Commune oder Privatperson, welche die Anlage eines Baues nachgesucht, oder welchen die Unterhaltung eines alten Baues obliegt, bestritten werden mufs. Diese Localuntersuchung soll jedoch, wo möglich, mit andern Geschäften vereinigt werden, so dafs die Kosten nur zum Theil den Partheien zur Last fallen. 27) Alles was die Ausführung der beschlossenen Bauwerke oder die Veränderung des Laufes der Flüsse, so wie die Anwendung der beschlossenen Mittel bey Eisgängen oder Hochgewässern gegen den Austritt des Stromes anbetrifft, hängt von der Generaldirektion des Wasserbaues ab, und die Polizeybehörden haben ihre Aufträge und die Einladungen der Wasserbauinspektionen, ohne Aufschub zu vollziehen.

II. In Hinsicht der zur Ausgleichung obiger Vorschriften dienenden Mittel.

1) Zur guten Leitung der Flüsse, zur Vermeidung verderblicher Ueberschwemmungen, zur Verbesserung der Flofs- und Schifffahrt, zur Erhaltung der Uferlande und zur Benutzung der fliefsenden Gewässer, um damit Maschinen aller Art zu treiben oder die Ableitung der Gewässer in Canälen zu bewerkstelligen, müssen gewisse Mittel bestimmt seyn. Diejenigen Wasserbauten oder Geradeleitungen der Flüsse, welche eine directe Beziehung auf die Verbesserung oder Erhaltung der landesherrlichen Gebäude und derer aus dem Finanzvermögen anzulegenden und zu erhaltenden Brücken und Chausséen, so wie alle diejenigen Wasserbauten, welche bisher nach bestehenden Verträgen, auf Staatskosten angelegt und unterhalten worden sind, und deren Conservation von der Flufsbaukunde in Anspruch genommen wird, folglich von der Generaldirektion als nothwendig anerkannt wurde, oder die zur Erhaltung der Landesgränze dienen; alle diese Bauunternehmungen müssen aus dem Finanzvermögen oder aus den für den Wasserbau aufgelegten Grundsteuern, wozu die Güter des Staats, der Krone und aller Grundeigner ohne Ausnahme beytragen müssen und durch Natural-Concurrenzen, die nach dem Verhältnifs des Vortheils, den auch die Flufsgränzer daraus ziehen und der Entfernung ihres Wohnortes vom Flusse auszumitteln sind, bestritten werden. Diese Bauten sind daher eigentliche allgemeine Landesbauten. 2) Diejenigen Bauunternehmungen der Art, wofür eine Behörde directe gewisse Abgaben bezieht, oder die zur Betreibung von Maschinen und zur Erleichterung des Transports gemacht werden müssen, sind von ihren Einnahmen zu bestreiten und gehören zu den, Localvortheile abzweckenden, d. i., zu den Local- oder Privatbauten. 3) Die zur Beschützung der einzelnen Uferabbrüche anzulegenden Bauwerke oder Dämme oder Anpflanzungen, welche weder auf die unteren noch auf die oberen Flufsstrecken einen hydrotechnisch-nachtheiligen oder günstigen Einflufs haben, die ferner nicht die Sicherung von ganzen Ortschaften bewirken, sind auf Kosten derjenigen Grundeigner, deren Grundstücke bereits im Abbruche liegen, oder darein versetzt werden können, (also nicht allein von den directen Flufsangränzern) wenn dieser Uferbau nicht angelegt wird, nach dem Verhältnifs des Vortheils aufzuführen; sie können die zu diesen Localbauten erforderlichen Beträge nach einem gewissen billigen Verhältnifs unter sich ausmitteln oder dasselbe von dem Ausspruche der Vorsteher, Magistrat- und Polizeybehörden abhangen lassen. Kein einzelner kann sich des Beitrags dazu entziehen. 4) Hat nach dem Urtheil der Generaldirection oder des

Wasserbaudepartements die Bauunternehmung, welche von Privaten freywillig vorgenommen wird, einen günstigen Einflufs auf die Richtung des Stromes, so dafs dadurch entweder die Schifffahrt oder Flofsfahrt abgekürzt oder verbessert, das Flufsbett regelmäfsig vertieft wird, oder dafs die, unterhalb diesen Anlagen in Abbruch liegenden Ufer, wirklich geschützt werden, so sind im ersten Fall, Beyträge aus der Staatskasse zu leisten, und im zweyten Fall, ist das Gutachten der Landesstellen und Kreisbaustellen zu vernehmen, wie der Beytrag zu dem Fehlenden auszuschlagen ist. 5) Wird die Korrection eines Flufsbezirks von einzelnen Ortschaften oder ganzen Distrikten nachgesucht, und dient eine Bauanlage zum Nutzen und zur Erhaltung der Städte, Ortschaften und ganzer Distrikte, so hat die Landesstelle über die Austheilung der Mittel zu diesen Localbauten ihren Vorschlag zu entwerfen. Dabey mufs vorzüglich darauf gesehen werden, dafs die Fuhren und Arbeiter in natura, je nach dem Vortheil, den eine Gemeinde von den Anlagen hat, und nach ihrer Entfernung von der Baustelle repartirt werden; wobey ein gewisses Maafs von Arbeit, z. B. nach dem Tausend Faschinen, der Kubik-Klafter Beschwerungsmaterial, der aufzuführenden Dammerde, oder der Anzahl einzurammender Pfähle u. s. w. ausgetheilt werde. Die Naturalkoncurrenz kann nämlich leichter als ein Geldbeitrag geleistet werden, und die Austheilung nach einem Maafs von Arbeit ist Zeitgewinn; niemals soll sie aber nach Tagen bestimmt werden, weil der Landmann nur dabey die, für das öffentliche Wohl so wichtige, Zeit verlieret, und nach der Erfahrung, binnen drey Tagen, nicht so viel verrichtet, als bey der Austheilung nach dem Arbeitsmaafse in einem Tage. 6) Zur Erleichterung solcher Unternehmungen mufs also, wenn ein Geldbeytrag aus dem Finanzvermögen dazu gegeben wird, von den übrigen Konkurrenten die Beyfuhr des Materials und die Handarbeit verhältnifsmäfsig in natura geleistet werden. 7) Kann aus den Waldungen des Staats oder der Gemeindebesitzungen Buschholz, zu den Faschinen, abgegeben werden, so ist dieses auf Requisition der Wasserbaubehörden und gegen den Ersatz von 1 kr. für die Faschine, deren Länge 12 Fufs und deren Dicke am Sturzende einen Fufs betragen mufs, zu den Flufsbauten abzugeben. Die Generalforstadministration wird daher angewiesen, die unteren Forstbehörden mit Nachdruck zur Unterstützung des Flufsbauwesens anzuhalten, damit nicht durch Zögerung und Willkühr bey der Abgabe des Holzes die Bauten in einer unrechten Jahreszeit unternommen werden müssen. Zur Beschwerung der Bauten soll es den Wasserbauinspectoren nach vorhergegangener Kommunication mit den Forstbehörden erlaubt seyn, in den Waldungen des Staats und der Communen, Steinbrüche und Kiesgruben zu eröffnen und zu benutzen, und es soll dafür kein Ersatz statt finden. 8) Das Buschholz, welches auf den dem Staate zugehörigen Flufsinseln und Vorufern wächst, soll dem Wasserbauwesen zustehen und dazu ohne Ersatz benutzt werden, weil die Wasserbaubehörden nur allein beurtheilen können, welche Inseln zu erhalten und vom Strom fortzutreiben, (um den Lauf eines Flusses zu verbessern) und auf welchen Kiesanlagen in dieser Hinsicht Pflanzungen anzulegen sind; auch solches Buschholz nur zu den Wasserbauten sich eignet, wenn es zu denselben gebraucht wird, aber zum Absatz keinen besondern Werth hat, und es gegen die Grundsätze einer wohleingerichteten Staatswirthschaft streiten würde, wenn man dem Wasserbaudepartement die Mittel zum Zweck versagen und die von ihm angepflanzten Bezirke wieder zu den Einnahmen des Forstdepartements schlagen wollte, als wodurch die nützlichsten Pflanzungen unterbleiben würden. 9) Die Regierung versieht sich endlich zu allen Beamten, Kommunen und Privaten, dafs sie das so wichtige Flufsbauwesen mit Eifer unterstützen werden, und eine jede auf dasselbe einwirkende Behörde hat daher das Nähere zu veranlassen.

NEUNTE ABTHEILUNG

DER

WISSENSCHAFT DES WASSERBAUES.

VON DEN KÜNSTLICHEN ZUR VERTHEIDIGUNG DER FESTUNGEN, DER FLUSS- UND KÜSTENGEGENDEN ABZWECKENDEN ÜBERSCHWEMMUNGEN.

§. 1.

Die zu militärischen Absichten dienenden — groſse Armeen ersparenden — künstlichen Ueberschwemmungen, werden von Aufstauungen der flieſsenden Gewässer: entweder von dem Fluthstrom des Meeres, oder von Flüssen und Bächen, selten von dem in Teichen gesammelten Wasser, bewirkt. Man bringt ihre Höhe mit Stauschützen, Kammerschleusen, Balkenwänden, Stauwehren und Dämmen hervor; Stauvorrichtungen, deren Anlage ich bereits in diesem Werke gelehrt habe. Folgende Festungen haben zum Behuf der militärischen Inondationen Balken-stauwände: als Metz, Straſsburg, Valenciennes, Cambray, Maubeuge in Frankreich; Theresienstadt, Josephstadt in Böhmen, und Ollmütz in Mähren; Glogau, Graudenz und Colberg im Königreich Preuſsen; Herzogenbusch, Heusden, Crevecoeur, Grave, Gorkum, Brielle, Muyden, Naarden, Uitermeer, Hinderdamm und Nieuwersluis in Holland. Auch bey Nieuport, Dunkirchen, den Gegenden um Amsterdam, Amersfoort, der Grebbe, Woerden, Oudewater, Gouda und Utrecht werden die künstlichen Ueberschwemmungen, entweder durch Stau- oder Kammerschleusen bewirkt. Ferner kann bey den Festungen Oudenarde, Tournay, Condé, Menin, Ostende und Douay ein groſser Theil ihrer Umgebungen unter Wasser gesetzt werden.

Solche Inondationen sind für die Vertheidigung einer Festung und ganzer Landesbezirke von der äuſsersten Wichtigkeit; sie können nicht genug empfohlen werden, denn sie verhindern das Approchiren, und halten den Belagerer entfernt. Sie sind im Allgemeinen allen übrigen Vertheidigungsmitteln vorzuziehen; der Ingenieur muſs sie daher mit Sorgfalt studieren. Ja! sie gehören, nach dem Urtheile *Vaubans* und *Carnot's*, zum Wesentlichen des wissenschaftlichsten Theils der *Ingenieur-*

kunde. Nie wird demnach ein Militair-Ingenieur, ohne das Studium der Wasserbaukunde, auf gründliche wissenschaftliche Kenntnisse gerechte Ansprüche zu machen, berechtigt seyn!

Mit Hülfe der künstlichen Inondationen und den bombenfreyen casematirten Haupttheilen oder gewölbten Batterien einer Festung, wird man auch zum sichersten das Gleichgewicht zwischen der Vertheidigung und dem Angriffe der Festung herstellen.

§. 2. Zuweilen wird im Kriege eine künstliche auf kurze Zeit verursachte Anschwellung der Flüsse und Bäche, ein wichtiges Hülfsmittel: die Gegenden unwegsam zu machen, militärische Positionen und verschanzte Läger zu sichern, ja selbst den Feind aus Städten und Positionen zu vertreiben; auch die Umgebungen der belagerten Festungen dergestalt zu überschwemmen, dafs ihre Casematten, Wohnungen und Wälle unbrauchbar werden. So giebt es mehrere Festungen, in denen man die ihnem Anfangs zur Vertheidigung dienenden oder durch sie fliefsenden Gewässer zu ihren eigenen Verderben noch höher zurückstauen kann. Auch gegen die Belagerer ist dieses Hülfsmittel zuweilen anwendbar, wie z. B. die *Holländer* bey der Belagerung von *Leyden* gegen die *Spanier* gethan haben. Bey allen Festungen, die an solchen Flüssen und Bächen liegen, welche etwas hohe und gegen die Festung zu, in eine Ebene auslaufende Ufer haben, kann eine Inondation der umliegenden Gegend Statt finden, wenn die Militär-Ingenieurs mit der in diesem Werke gelehrten Construction des Faschinenbaues vertraut sind. *Belidor* führt in seiner Wasserbaukunst §. 934. zwey Beyspiele hierüber an: nämlich von La *Fère* und *Coevörden.* Er erwähnt auch einer der wichtigsten Festungen Europens, der man auf diese Weise beykommen könnte, und ich vermuthe, dafs es Landau ist.

Dem Umstande, dafs der Faschinenbau, den Militär-Ingenieurs, nicht hinreichend bekannt ist, kann aber wohl nur allein die geringe Benutzung der Gewässer, bey militärischen Stellungen und Angriffen zugeschrieben werden. Wüfsten dieselben durch Erfahrung: dafs man in einer Nacht, einen 10 Fufs hohen Faschinendamm auf eine Länge von 1000 Fufs mit 2500 Mann, den nöthigen Wägen zur Beyfuhr des Materials und mit 30 Faschinenlegern, aufzuführen im Stande ist: so würde mancher Flufsbezirk (im Kriege) eine andere Richtung erhalten haben; von Festungen und Redouten abgeleitet oder davor aufgestaut worden seyn. Hätten die *Mazedonier* den jetzigen Faschinenbau gekannt, so würde die Belagerung von *Tyrus* nicht solche Schwierigkeiten gemacht haben. Wie manche militärische Position ist nicht an einem oder dem andern Armeeflügel, mittelst schleunig zu bewerkstelligender Inondation, äufserst vortheilhaft zu machen? Eine in einem Thale liegende Wiese, durch die ein Bach sich schlängelt, ist schon geeignet: solche Ueberschwemmungen aufzunehmen. Als Wiese deckt sie keineswegs eine Stellung, aber als Inondation vollkommen.

§. 3. Ehe ich zu den bey künstlichen Inondationen zu beobachtenden Maximen und der Beschreibung von dem Merkwürdigsten übergehe, glaube ich Einiges: *über den Nutzen der Festungen und ihre gute Vertheidigung*, anführen zu müssen, da es Feldherrn gegeben hat, die einen zu geringen Werth auf feste Plätze gelegt, und Commandanten, welche Festungen vom ersten Range schändlich in wenig Tagen übergeben haben. Dies hat demnach einen wichtigen Einflufs auf die Benutzung künstlicher Ueberschwemmungen. Ich glaube hierüber einiges aus dem Werke von *Carnot*: „*sur la defense des places fortes*, entlehnen zu dürfen, weil der Verfasser als ein grofser Ingenieur bekannt ist. Er erlaubt sich auch die Meynung anderer aufzunehmen, ohne sein eigenes Urtheil zu beschränken, und dieses Verfahren eines Schriftstellers scheint mir eben so nützlich als lehrreich zu seyn.

Carnot führt zuerst über diesen Gegenstand des Herzogs von *Urbino* Meynung an. Derselbe sagt nämlich in seinen militärischen Betrachtungen. „Als das triumphirende *Rom* sich Herr der Welt sah, seine Armeen oder vielmehr die Unterwerfung aller Völker, ihm keine Sorge übrig liefsen, befestigte es sich, nicht aus Furcht, sondern aus Vorsicht, indem es sich gegen die Streiche des Schicksals sicher stellen wollte. Erwägen wir: dafs *Alexander* im Begriff stand, sein Glück vor *Tyrus* scheitern zu sehen, und dafs *Rom* nichts vor *Numantia* ausrichtete! Wie tapfer die Völker, und wie unermüdet sie seyn mögen, wenn sie keine befestigten Städte haben, so sinkt ihre Macht schnell; man kann sie mit bewunderungswürdigen Massen vergleichen, welche, in Ermangelung der Consistenz, bald auseinander fallen, wie die Erfahrung mehrerer Jahrhunderte beweifst. Hat sich einmal die Bestürzung in einer Armee der Gemüther bemächtiget, so schlägt sie der *rasche* Feind im offenen Felde; findet sie aber einen Flufs, hinter dem ihr General sich lagern kann, so gewinnt sie Muth und wird dem Feind bald wieder furchtbar." Wobey freylich der Herzog noch hätte hinzusetzen mögen: wenn man die Mittel, sich wieder eine Armee zu schaffen oder den Krieg lange Zeit auszuhalten, besitzt, und die moralische Kraft nicht von der Nation gewichen ist! „Kann man sich" fährt der Herzog fort, „in eine Festung werfen, so wird nicht selten der Uebermuth des Feindes gebrochen! Der Besiegte gewinnt Zeit sich zu sammeln, er ermüdet und schwächt seinen Gegner, durch häufige Ausfälle, oder durch muthig abgewiesene Stürme; macht ihn eine bedeutende Zeit verwenden, während welcher neue Truppen gesammelt oder mächtige Hülfe aufgefunden wird, durch die man den Belagerer zu Grunde richtet, indem man ihn das Wasser abschneidet, oder seine Linien durchbricht. Wie oft sind grofse Feldherrn vor wohl befestigten Schlössern gescheitert; wie viele schöne und wichtige Armeen sind vor den Wällen einer Citadelle gänzlich zu Grunde gerichtet! Hier haben sie nicht blos mit dem Krieger zu kämpfen, sondern mit dem Ungemach der Witterung, mit Kälte, Hitze, Regen, Schnee, Hagel und Hunger, mit Krankheit und Verzweiflung! Wer weis nicht, welchen Vortheil die Kaiserlichen aus der Gefangen-

nehmung *Franz I.* gezogen, der nur in ihre Hände fiel, weil *Pavia* wohl befestigt und vertheidigt, ihn zu lange aufgehalten." Ueber die Wichtigkeit der Festungen sagt *Carnot* in dem angeführten Werke: „Festungen, die längs einem Flusse angelegt sind, der, wie der Rhein, die Landesgränze bildet, machen den Angriff dieser Gränze, dem Feinde, wo nicht unmöglich, doch sehr gefährlich. Ist ihm der Uebergang dennoch gelungen, so bedrohen sie ihn, sobald er den Einbruch fortsetzen will, ohne sich zuvor dieser Plätze bemächtigt zu haben, mit einer Verfolgung im Rücken, mit Abschneidung von seinem eigenen Lande oder durch eine Diversion aus diesen dazu eigends schicklichen Orten. Will der Feind diese Festungen erst erobern, ja dann bieten sie ihm grofse Schwierigkeiten dar, weil der Flufs, indem er die Belagerungscorps von einander trennt, glückliche Ueberfälle erleichtert." Die Alliirte Armee hat daher am Ende 1813 diesen Umstand dadurch auszuweichen gesucht, dafs sie die am Rhein liegenden Festungen umgieng, und durch die *Schweiz* in *Frankreich* einrückte, von wo aus man Festungen von Bedeutung *nicht* antrift, und dann kann die Schweiz selbst als eine grofse Festung betrachtet werden; endlich scheinen die längs dem Rhein und in Holland liegenden Festungen nicht gehörig mit allen Bedürfnissen und hinreichenden Garnisonen versehen gewesen zu seyn; und dies gehört doch zu einer langen Vertheidigung und zu wirksamen Ausfällen! Auch hat *Carnot* vergessen: die Schnelligkeit einer grofsen Armee in Anschlag zu bringen, wovon aufserordentlich viel abhängt: denn wer dem Feinde Zeit läfst sich zu sammeln, setzt viel aufs Spiel, eben so derjenige, welcher seinen Armeen in einem unfruchtbaren Lande es an Lebensmitteln und Fourage fehlen läfst. Die Strafsen der im Rücken liegenden Länder sollten damit gleichsam bedeckt seyn! Eine zur Unzeit angebrachte Schonung solcher Länder ist in mehreren Kriegen von bösen Folgen gewesen, und die Erfahrung bleibt für uns Menschen die beste Lehrmeisterin! „Die festen Plätze" sagt Carnot, „wenn man darauf rechnen darf, dafs sie sich *lange Zeit* halten, bieten viel Mittel zu Diversionen dar, weil man, während der langwierigen Belagerung, die der Feind unternehmen mufs, Zeit gewinnt, irgend einen Einfall in seinem eigenen Gebiete zu wagen, Bestürzung zu verbreiten und dann zurückzukehren, um ihn zur Aufhebung der Belagerung zu zwingen, falls er dies nicht schon gethan hat, um seinen eigenen Heerd zu Hülfe zu eilen. Wer eine gute Kette von Festungen besitzt, hat es jederzeit in seiner Gewalt, eine Schlacht anzunehmen oder abzulehnen. In diesen Festungen wird er alle Lebensmittel des platten Landes hineinbringen, sich darin zurückziehen und den Feind überall beunruhigen, dem es schwer wird, in diesen geleerten Gegenden seine Subsistenz zu fristen, sobald er in Masse agiren will. Zerstreut er sich, dann greife man ihn an und bekämpfe ihn so mit Muth und Vortheil. Was hielt die Fortschritte *Hannibals* gegen die Römer auf, als der lange Widerstand, welchen *Spoletto* und andere kleine Städte leisteten, die er angriff? Was erhielt *Flandern* dem König von Spanien, nach der Schlacht von

Nieuport im Jahre 1600, wenn es nicht die Festungen waren? Die Holländer trugen vollständig den Sieg davon, und blieben Meister des Feldzugs, allein deshalb wurden sie nicht Herrn von Flandern und gewannen darin, so zu sagen, nicht zwey Zoll breit Landes. Wären nach der Schlacht von *La Marseille* 1693 in *Piemont* keine Festungen gewesen, so war es um den Rest der Staaten des Herzogs von *Savoyen* geschehen, die Schlachten von *Fleuris* 1690 und von *Neerwinden* 1693 hätten *Ludwig XIV.* zum Herrn von ganz Flandern gemacht. Jedermann weis aber, daſs, indem es seine Festungen beybehielt, allen Angriffen Trotz geboten hat, ohne daſs die Feinde, bey mannichfachen Erfolgen, sich dessen jemals hätten bemächtigen können, statt im Gegentheil, das österreichische Flandern, wo man zufolge einer falschen Politik die bedeutendsten Festungen eingehen lieſs, stets nach zwey oder drey gewonnenen Schlachten erobert wurde. *Holland*, das mit Festungen besät, die Macht *Philipps II.* und *Ludwigs XIV.* hintereinander scheitern machte, ward gleichwohl durch die Franzosen in einem Feldzuge erobert; weil es so seine Festungen vernachläſsigt, und nicht gehörig versehen hatte: ein auffallendes und ewig denkwürdiges Beyspiel von der Wichtigkeit der Festungen und der Nothwendigkeit, sie stets mit allem zu versorgen, was zu ihrer Vertheidigung dienen mag."

Indessen muſs man auch gestehen, daſs die Unentschlossenheit der Vertheidiger Hollands und der harte Winter von 17$\frac{94}{95}$ die Eroberung seiner festen Plätze, als Grave, Herzogenbusch, Gorkum, Woudrichem, Löwestein, Crevecoeur, Nymegen, Arnheim, die Forts von der Grebbe, Nieuwersluis, und der Festung von Naarden erleichterte; und kann man dem französischen Gouvernement jetzt nicht eben diesen Vorwurf: seine holländischen Festungen vernachläſsigt zu haben, machen? Die besten Festungen nützen also ohne ihre Versorgung mit Proviant, Geschütz und Vorrath aller Art, und eine standhafte und kluge Vertheidigung, so wie ohne eine Armee im Felde, die sich mit der feindlichen an moralischer und physischer Kraft messen kann, wohl gar um vieles gegen sie zurücksteht, wenig, und sind öfter eher schädlich als nützlich. Dies hat uns die neueste Kriegsgeschichte mit Magdeburg und mehreren Festungen, zuerst in Italien, dann in Deutschland, bewiesen. Ein gleiches gilt von den vielen Verschanzungen und Batterien, die manche Commandanten aufwerfen lassen, wenn gleich ihre Mannschaft nicht hinreicht, den zehnten Theil davon zu besetzen. Der Feind nimmt sie dann fort, und bedient sich ihrer gegen ihren Urheber! Wenn gleich nach den Militär-Gesetzen eine Festung nicht übergeben werden soll, bevor eine zum Eingange des Feindes hinreichend groſse Breche im Hauptwall eröffnet, und diese, nach Zurückschlagung eines Angriffes auf dieselbe nicht mehr vertheidigt werden kann, bis es an Mannschaft, Lebensmittel und Munition fehlt: so hat doch die Erfahrung und noch die neueste Zeit sehr oft bewiesen, daſs die Belagerten entweder für die Einwohner und ihre Gebäude, oder für ihre eigene Existenz zu viel, und für die Sicherheit der Vertheidigung zu wenig Rück-

sicht genommen, sich öfters durch bloſse Drohungen des die Belagerung kommandirenden Generals haben abschrecken lassen, ja das leider manche Commandanten wahre Schwachköpfe oder Schurken waren; oft auch in einem Monat aufzehren lieſsen, wovon die Garnison viel länger hätte leben können. Wenn aber durchaus kein Entsatz zu hoffen ist, wie bey Hamburg, kann man wohl in diesem Falle die härtesten Vorkehrungen eines Gouverneurs rechtfertigen?

Carnot sagt: „Bey den groſsen Unkosten, welche die Festungen erheischen, sollen die Ingenieurs die erprobten Maximen der Befestigungskunst und die von mehrern Meistern angegebenen Constructionen in Ausübung bringen. Wozu aber möchten diese Werke dienen; wenn man diese Festung übergeben will, ehe sie noch vom Feinde angetastet wurde? Im Allgemeinen bildet der Hauptwall diese Werke, und in seiner Construction und Anlage erkennt man eigentlich, worin das System der Festung besteht. Dieses System ist mit dem bedeckten Wege und dem Glacis eingeschlossen, und bis dahin bedeutet der Umriſs (die Wahl seiner Winkel) wenig; er wird kaum wahrgenommen; er ist, wie er auch immer beschaffen seyn mag, aus Theilen zusammengesetzt, die einander bestreichen, und deren Feuer sich an den Zugängen ein wenig mehr oder minder wirksam kreuzet. So kann also die schlechte oder vortheilhafte Anlage dieses Umrisses der Festung das Vorrücken vom ersten Angriff bis zum Glacis höchstens um zwey bis drey Tage verspäten oder beschleunigen." Also besteht in der Anordnung des Hauptwalles die Stärke einer Festung. Ueber die groſse Wichtigkeit desselben sagt der General *d'Arcon* folgendes: „Wenn es wahr wäre, daſs man Ursache hätte, einen Platz zu übergeben, sobald der Feind dahin gediehen ist, sich auf dem bedeckten Weg festzusetzen; so wäre es völlig gleichgültig: ob die Plätze gut oder schlecht befestigt sind, denn es bedarf nicht viel mehr den bedeckten Weg der furchtbarsten Festung zu erreichen, als den der allerschwächsten: in beyden Fällen hat man nichts als eine gleichförmig zugängliche Masse aufgehäufter Erde und es kömmt bey der Einrichtung des Logements in der That sehr wenig darauf an, ob die Brustwehren und was dazu gehört, vortrefflich angelegt sind, oder nicht. Diejenigen, welche dergleichen Sätze behaupten, wissen nicht, daſs ganz eigentlich, wo ihre Vertheidigung endet, beherzte Männer die ihrige erst anfangen; sie wissen nicht, daſs diese Meynung den Feind von der wiederholten Eroberung des bedeckten Weges entbindet, von dem man ihn mehr als einmal zurückschlagen kann: sie wissen nicht, daſs ihm dies die Wiedererbauung seiner Breschbatterien erspart, die man zu wiederholtenmalen in die Luft sprengen kann; sie wissen nicht, daſs man ihm dadurch das mühsame und mörderische Geschäft des Hinabsteigens und Uebersetzens über den Graben der halben Monde und der Bastionen erläſst: sie wissen nicht, daſs der Feind nicht eher den Hauptwall angreifen könne, bevor er nicht mit den daran liegenden Werken fertig geworden ist, sie kennen die Hülfsmittel nicht,

welche die Vertheidiger anwenden, um plötzlich das zurückgehaltene Feuer in Wirksamkeit zu setzen, und angriffsweise in den engen Logements zu erscheinen, wo die Angreifer ihre Uebermacht nicht geltend machen können: sie kennen die Vortheile des Abjagens der Retranchements beym Rückzuge nicht, noch die Chicanen der Kaponieren, die Wegschaffung der Breschen durch Minen und Fladderminen, noch die Abschnitte in den Bastionen u. s. w.; mit einem Worte, sie ahnen die großsen und wahren Hülfsquellen der Vertheidigung gar nicht. Es wäre dasselbe, sich bey der ersten Aufforderung zu ergeben."

Schon hieraus erkennt man: wie wichtig die Auswahl eines geschickten Festungscommandanten sey. Er sollte natürliche Fähigkeiten mit wissenschaftlichen Kenntnissen, Energie im Handeln (also hohen Muth) mit Unbestechlichkeit vereinigen und eine robuste Constitution haben, um die Strapazen der Belagerung und des gewöhnlichen Dienstes zu ertragen, dessen Detail er genau kennen muſs, und daneben sollte er eine Belagerung und die Vertheidigung einer Festung beygewohnt, zum mindesten aber alle Werke studirt haben, die die verschiedenen Systeme der Festungen und die Beschreibung der Belagerungen enthalten. Der Chevalier *de Ville* sagt daher: „Wenn man irgend ein wichtiges Gouvernement an *Bejahrte* giebt, um sie für ihre geleisteten Dienste zu belohnen, so ist hieran nicht wohl gethan, denn statt ihnen Ruhe zu verschaffen, würden sie in Arbeit gesetzt: diese Plätze verlangen thätige Männer, welche die Mühseligkeiten ertragen, die sowohl mit der Sorge für die Vervollkommnung des Platzes und seinen Umgebungen, als auch mit der Vertheidigung verbunden sind. Wer einem solchen Amte wohl vorstehen will, darf nicht alle Nächte schlafen; er muſs den Soldaten und die Einwohner in Furcht erhalten, und muſs oft die Wälle besichtigen. Der Gouverneur muſs ein Mann von Einsichten seyn, seine Festung kennen und lieben, wie das, was ihm am theuersten auf der Welt ist, und wovon sein Leben und seine Ehre abhängt, weil er sich, indem er in sie eintritt, vorsetzen muſs, *nach ihrem Verluste nicht länger leben zu wollen.*"

Ich habe hier über die Eigenschaften eines Commandanten einiges anführen zu müssen geglaubt, weil selbst die künstlichen Inondationen nicht groſse Vertheidigungsmittel darbieten, wenn sie elenden Befehlshabern anvertraut werden. Aber die Wichtigkeit der Festungen spricht sich durch ihre Hülfe recht aus. Ja eine in einer guten Festung wohlangeführte Garnison, die mit allem wohl versehen ist, kann nach dem Urtheile Carnots „eine zehnfach zahlreichere Armee nöthigen, die Belagerung aufzuheben. Dazu wird freylich erfordert: daſs der Befehlshaber es wolle, und daſs er entschlossen sey, eher zu sterben als zu weichen. Ein regelmäſsiger und selbst gut besorgter Dienst reicht nicht aus; es bedarf da der Begeisterung; es ist nöthig, daſs eine groſse Leidenschaft das Ganze beseele! Wo es nicht gelingt, diese beyden Dinge ins Werk zu setzen, ist fast nichts zu hoffen; man wird stets auf eine beschränkte und der Berechnung unterworfene Vertheidigung zurückgeführt werden:"

ja wem diese Begeisterung in seinem Fache fehlt — dieses himmlische Feuer, dafs den Menschen hebt — der kann, wo er auch steht, mit Aufopferungen, nichts Nützliches und Grofses, für das Gemeinewesen, bewirken!

„Alle ruhmwürdigen Thaten dieser Art," sagt *Carnot*, „verdanken wir einer Art von Exaltation. Im Alterthum, wo ein ganzes Volk seine Hauptstadt vertheidigte, war diese Begeisterung das Gebot der Noth und oberstes Gesetz. Bey den Griechen und Römern war es die Liebe des Vaterlandes; zur Zeit der Kreuzzüge und des Ritterthums war es ein aus Frömmigkeit, Ehrliebe und Achtung für die Frauen zusammengesetztes Gefühl; zur Zeit der Befreyung der Schweizer und Niederländer, Hafs gegen die Tyranney; die Geschichte der Ligue zeigt uns, was Fanatismus und Parthey-geist vermögen; die Belagerungen von Calais, von Orléans, von Saint Jean de Losne zeugen: dafs auch Treue gegen den Fürsten ebenfalls bis zur grofsen und edlen Leidenschaft gesteigert werden kann. Hoffen wir nicht auf Wirkungen ohne Ursache, erwarten wir keine heldenmüthige Aufopferung ohne eine innere Triebfeder, die den Menschen über sich selbst erhebt. Wie strafbar aber sind die, welche eine so mächtige Triebfeder zu unterdrücken suchen, welche raisoniren, wo man handeln soll, welche die Regsamkeit eines Gefühls hemmen wollen, das sich nicht erklären läfst, aber der Urheber alles Schönen und Grofsen in der Welt ist," und doch wird dasselbe in unsrer Zeit, hie und da, vom Dienst-Schlendrian, den Tabellenmachern, und von den elenden Geschäftsleuten, die die Vielschreibereyen in den Bureaus über alles setzen, und mit Chikanen, so recht absichtlich unterdrückt!

„Einem Manne von Herz sagt Carnot empört der blofse Gedanke, dafs es mit einer Capitulation endigen könne. Als die Spanier unter *Heinrich II.* die Stadt *Bene* belagerten, schlug es der Marschall *Brissac* dem bekannten *Blaise de Montluc* vor, sich in den Platz zu werfen, um ihn zu vertheidigen. Allein Montluc bezeugte grofse Abneigung, sich damit zu befassen, weil er fürchtete, dafs er durch Mangel an Lebensmittel zur Uebergabe gezwungen werden möchte. „Was soll ich in einer Stadt, sagte er, wo die Soldaten binnen drey Tagen Hungers sterben? Ich kann keine Wunder thun." — Wenn sie in der Festung sind, halte ich sie für gerettet, sagte der Marschall; im schlimmsten Fall erhalten sie eine ehrenvolle Capitulation. — „Was sagen Sie mir da, erwiederte Montluc; ich will lieber sterben, als meinen Namen unter eine solche Schrift sehen! Er warf sich indessen dennoch in den Platz, und vertheidigte ihn so tapfer, dafs die Belagerung aufgehoben wurde. Ich glaube mich einer weitläufigen Antwort auf das Vorgeben derjenigen überheben zu können, welche behaupten: die festen Plätze mit solcher Heftigkeit vertheidigen, heifse in die Sitten der barbarischen Zeitalter zurücksinken: denn wer sieht nicht sogleich den Zweck dieser treulosen Behauptung? Wer weis nicht, dafs gerade durch ein Gränzbefestigungssystem, wo jeder einzelne Platz sich bis aufs äufserste vertheidigt, am wirksamsten den Einbrüchen gesteuert wird"? „Ich werde," sagt Carnot ferner.

„nicht wiederholen, was ich über diesen Gegenstand bereits gesagt habe, und es ist genug, in Erinnerung zu bringen, daſs im Alterthum, wie bey unserer Zeit, eine einzige Schlacht das Schicksal des Reichs entschied, weil die Völker keine Festungen hatten, und das Bludbad jederzeit schrecklich und vollständig war; bey uns im Gegentheil, durch das System der Festungen, rette man das Ganze durch eine augenblickliche Aufopferung einer einzelnen Gegend."

§. 4. Wegen der standhaften Vertheidigung der Festungen erlieſs am 26ten July 1792 die französische Nationalversammlung ein Gesetz, welches ohne Zweifel sehr viel zur Erhaltung der französischen Festungen in dem damaligen und in den nachherigen Kriegen beygetragen hat, und das späterhin in den speciellen Instructionen für Festungscommandanten verschärft worden ist. Das Gesetz vom 16. Messidor des Jahres VII. der französischen Republik lautet so: Art. I. „Jeder Commandant eines festen Platzes, der von Eröffnung dieses Feldzuges an mit dem Feind unterhandeln wird, um den ihm anvertrauten Platz zu übergeben, ohne die Angreifenden genöthigt zu haben, vermittelst langsamer und allmähliger Belagerungs-Arbeiten vorzurücken, und ehe er mindestens einen Sturm auf dem Hauptwall über zugängliche Breschen abgeschlagen, soll vor ein Kriegsgericht geführt, und von demselben, nach den Gesetzen verurtheilt werden. Art. II. Die Glieder eines Kriegsrathes, welche solche schimpfliche Capitulationen unterzeichnen, und selbst diejenigen, die berechtigt, daran Antheil zu nehmen, nicht dagegen protestirt haben, sollen gleichfalls vor ein Kriegsgericht gezogen, und den Gesetzen gemäſs gerichtet werden. Art. III. Der Kriegsminister wird das Kriegsgericht anordnen, das über diese Vergehungen erkennen soll; er bleibt mit der schnellen Ausübung dieses gegenwärtigen Beschlusses beauftragt, welcher dem Bulletin der Gesetze beygedruckt werden soll."

Wäre ein ähnliches Gesetz vor dem Revolutions-Kriege, auch in andern Ländern publicirt worden, so würden viele Festungen nicht auf eine so schändliche Weise übergeben worden seyn.

§. 5. Um durch Thatsachen die Möglichkeit einer langen Vertheidigung einer Festung zu begründen, führt Carnot viele Belagerungen an. Er hätte füglich auch die unter *Friedrich dem Groſsen* so vortrefflich im siebenjährigen Kriege vollzogenen Vertheidigungen erzählen sollen. Wir sehen also, wie wichtig solche Einrichtungen sind, vermittelst denen man die Vertheidigung der Festungen erleichtert, und ihren Angriff erschwert; dazu gehören nun vorzüglich die künstlichen Inondationen, indem sie das Approchiren, also das Annähern des Feindes, verhindern. Aber auch diese Inondationen schützen nicht immer, wenn der Commandant schwach, unwissend oder gar bestechlich ist, und in dieser Rücksicht habe ich es für nöthig gefunden, sowohl einiges von den Pflichten der Commandanten, als von den Eigenschaften, die ihnen beywohnen müssen, und von den Vortheilen der Festungen im Allgemeinen, anzuführen. Ich habe diesen Gegenstand mit um so innigern Interesse

aufgenommen, als ich mich in meiner frühesten Jugend der Befestigungskunde widmete; bereits in meinem vierzehnten Jahre die verschiedenen Systeme der Festungen kannte und gezeichnet hatte. Nach meiner Ansicht sollten aber nur solche Festungen bestehen und kraftvoll vertheidiget werden, die man wieder, bey geänderter Lage einer geschlagenen Armee, nach einem Zeitraum, in welchem sie sich halten könne, zu Befreyen Hoffnung hat. Ist diese, nach einem wohl überlegten Plan, verschwunden, so wird es besser seyn, die Truppen, welche man zu den Besatzungen vieler einzelnen Plätze weggeben mufs, bey einer entscheidenden Schlacht zu gebrauchen, als sie doch endlich in solchen Festungen, die weit von seiner eignen Hauptdefensions-Linie liegen, aufreiben oder gefangen nehmen zu lassen. Die neuesten Vorfälle geben hierüber die besten Belege! Man nähere sich lieber bey Zeiten mit seiner Armee einer Festung vom ersten Range, und suche in ihrer Nähe das Schlachtfeld zu verlegen, als dafs man sich in und bey den in Eile aufgeworfenen Wällen sonst offener Städte aufhält. Ich könnte hierüber aus den ältern und neuesten Kriegen mehrere Beyspiele anführen, aber ich begnüge mich mit wenigen, ohne die Nahmen der Städte oder Feldherrn zu benennen. Als eine *grofse* Armee, von sieggewohnten Truppen, eine an einem grofsen Flusse liegende Stadt, ohne vertheidigungsfähige Wälle zu haben, zu umgehen drohte, warf sich die geringere Armee des Gegners in dieselbe. In dieser Stadt fehlte es an allem, um eine Belagerung von einer Woche auszuhalten. Die darin eingeschlossene Armee hätte also diesen Ort drey Tage früher, als der Feind über den Flufs gieng, verlassen, und nur in die 24 Stunden entfernten Engpässe eines nahen Gebirgslandes hineinziehen können, die sie zu vertheidigen fähig war. Sie mufste sich, wie voraus zu sehen war, auf Discretion ergeben!

Wir sehen ferner eine grofse Armee zwischen Flüssen sich einengen; eine andere von ihr getrennte sich noch weiter von ihr entfernen, wiewohl die letztern durch ihre Siege sich der ersten nähern, und so von einem Gebirgslande aus, die feindliche Armee im Rücken und in der Flanke angreifen konnte; im schlimmsten Falle hätte sich dieselbe in das für ihren souvrain aufgestandene Gebirgsland zurück ziehen können; der Feind würde seinen Marsch auf die Hauptstadt nicht haben verfolgen können, weil er sich von einer Armee im Rücken bedrohet sah! Wir haben ferner gesehn, dafs sich ein Feldherr hartnäckig auf gewisse Landesbezirke einschränkte, während die Kräfte der Armee durch Märsche, Mangel an Lebensmitteln und Fourage erschöpft wurden, und während sie nach festen Stellungen in der Nähe einer Festung vom ersten Range hätte hineilen sollen.

Auf die Benutzung der Zeit und Kräfte wird aber in Kriegen selten Rücksicht genommen, und selbst für die Errichtung stehender Brücken im Rücken der Armee wenig gesorgt; ganze Heere läfst man in waldreichen Gegenden über eine elende Brücke von 16 Schuh breit ihren Rückzug machen; viele Tausend Menschen werden

zertreten, oder in den Eisstrom gestürzt; selbst Generäle müssen mit dem Säbel in der Faust, sich einen Weg durch ihre Leute bahnen. Als die große Schlacht bey *Leipzig* verloren wurde, hätte die französische Armee wenigstens zehn Brücken über die Pleisse und Elster finden müssen, die in eben so viel Stunden errichtet werden konnten; aber diese Vorsicht scheint man bey wenigen Armeen zu berücksichtigen. Deswegen werden auch ganze Corps abgeschnitten, gefangen oder nieder gemacht; viele Kanonen und mehrere Tausend Wägen fallen dem Feinde in die Hände! Alles dieses läßt sich vermeiden: wenn man einige der im zweyten Bande S. 413. beschriebenen Ramm-Maschinen, bey jedem Armeecorps, mitführte, und einige des Brückenbaues kundige Offiziere hat. Man wird alsdann in wenig Stunden nicht nur über Flüsse von 100 Schuh Breite, eine feste Brücke anlegen, sondern auch auf dem Lande, vorzüglich über Hohlwege, *Durchgangs-Brücken* errichten, unter denen ein Armee-Corps durchgehen, und das andere in der nämlichen Zeit darüber hinziehen kann. Nur diese von mir vor einigen Monaten, in einem gedruckten Aufsatze, *über das Abbrechen der Brücken*, vorgeschlagene Einrichtung macht es möglich, daß zwey Armee-Corps sich kreuzen können, ohne wechselseitig ihren Marsch nur einen Augenblick zu verzögern. Ein solcher Durchgang läßt sich auch mit zwey Balkenwänden und darüber gelegten Planken ausführen. Der einsichtsvolle Militär wird ohne Zweifel, die Vortheile leicht anwenden, welche im Kriege für die unaufgehaltene Kreuzung der Armee-Corps entstehen werden.

Ein anderer Gegenstand, welcher beherzigt zu werden verdient: ist die Einrichtung mit den Pontons: man schleppt eine übermäßige Anzahl schwerer Pontons mit sich, und diese müssen zu Brücken dienen, wo man in einer Stunde die, in der nächsten Abtheilung zu erklärende, durch eine Laufrolle in Bewegung gesetzte Fähre errichten kann, oder wo man leicht eine Jochbrücke, in wenig Stunden, erbauet. Man läßt die Pontons, selbst auf großen Flüssen, stehen, wenn die Jahreszeit einen Eisgang erwarten läßt. Dieselbe muß dann bald fortgeführt, bald wieder aufgerichtet werden, und im Fall eines Rückzuges (während des Eisganges) wird die Armee vom andern Ufer abgeschnitten. Im Frühling und Sommer werden die Pontons-Brücken abermahls der Gefahr blos gestellt, bey jedem Hochwasser fortgerissen zu werden. In so fern nun die Erfahrung beweißt: daß gute Jochbrücken, den gewöhnlichen Eisgängen und Hochgewässern vollkommen widerstehen, eine Brücke der Art in 6 Tagen sogar über den Rhein errichtet werden kann, wenn es weder an Jochschiffen, eisernen Pfahlschuhen, noch Ramm-Maschinen mangelt, indem die militärischen Maaßregeln so viel Arbeiter als nothwendig sind, leicht herbeyschaffen: so sollte die Anzahl der Pontons so gering als möglich seyn, und die damit errichtete Brücke, so bald als thunlich, durch eine Jochbrücke ersetzt werden, um die Pontons an einem andern Orte zu gebrauchen. Freylich sind dieselben gegenwärtig zu schwer, und können füglich um die Hälfte leichter gemacht werden!

§. 6. Nach dieser mir nothwendig geschienenen Ausschweifung komme ich zu der Vertheidigung einer Festung und eines ganzen Landesbezirkes, *durch Inondationen*, zurück. Von ihnen kann der Commandant einer Festung niemals, im Fall der Noth einen richtigen Gebrauch machen, wenn er sie nicht im Frieden genau kennen lernt, auch ihre Umgebungen erforscht. Nie sollte er etwas dulden, daſs ihn in der Kanonenschuſsweite die Aussicht auf den Feind hindert oder diesem die Einschlieſsung und das Approchiren erleichtert. Er muſs daher Anhöhen zu befestigen oder abzutragen suchen, wie dies bey *Naarden* der Fall ist. Dann sollte er sich mit den möglichen Fällen des Angriffs und der Vertheidigung der Festung bekannt machen, weil die Befestigungskunst von geschickter Anordnung der Angriffe abhängt. Er suche die Mittel auf, wodurch sich die, die Festung umgebenden Moräste und Inondationen trocken legen lassen, um dies bey Zeiten, durch Schleusen, Balkenabdämmungen und Forts, zu vereiteln. Er mache den Eintritt der Ueberschwemmung möglich, sobald die Festung im Belagerungsstande erklärt werden muſs. Dies ist z. B. erst kürzlich bey *Alexandria* in Italien mit dem *Tessin* bewerkstelliget worden, wie ich es bey der Beschreibung der dortigen Brücke zeigen werde.

Sollen die Inondationen von Nutzen seyn, so müssen sie vor und um eine Festung, wo möglich, so hoch über das Terrain stehen, daſs sie nicht durchwatet werden können. Ihre Tiefe betrage demnach, wenn es nur immer thunlich ist, vier Schuh. Alle über einen groſsen Landesbezirk sich ausdehnenden Gewässer stehen hoch genug, wenn sie den Boden zwey bis drey Schuh mit Wasser bedecken, folglich dem Feinde das Fortbringen des Geschützes und das Marschiren verhindern. Eine seichte Ueberschwemmung bleibt aber immer besser als keine, weil sie den Boden unwegsam macht; in dieser Hinsicht ist ein Morast wichtig! Dasjenige Terrain, welches also nicht vollkommen mit Wasser bedeckt werden kann, muſs mit Gräben durchschnitten werden, worin das Wasser, sobald die Berennung der Festung möglich ist, eingelassen wird. Kann aber die Inondation höher, als vier Schuh, bewerkstelliget werden, so ist dies desto besser, weil der Belagerte alsdann Blockschiffe und groſse Fahrzeuge, (die er, ehe die Blockade der Festung angeht, vorräthig haben muſs), gebrauchen kann, deren Anwendung dem Belagerer, von der Festung und den äuſsern Forts aus, unmöglich gemacht wird.

§. 7. Es ist ferner rund um die Festung, wenigstens vor ihren schwächsten Stellen, ein so ausgedehnter Bezirk als möglich zu überschwemmen, damit der Feind ausser der Bombenweite gehalten wird, oder doch wenigstens dessen Circumvallationslinie so ausgedehnt werde, daſs seine Stellung bedeutend geschwächt sey. Aus diesem folgt demnach: daſs die Lage des inondirten Bezirkes nivellirt werden müsse, um die Höhe der Ueberschwemmung, der Schleusensohlen, der Dämme und Communicationswege, zu bestimmen, und der Ingenieur, alles was von dem Local abhängig ist, oder einen Einfluſs darauf hat, berücksichtigen müsse, um die Inondation

zweckmäſsig einzurichten. *Vauban* sagt deswegen: „Es giebt keine Festung, die nicht eine ihr vortheilhafte Eigenthümlichkeit besäſse, wenn man sie aufzufinden und zu benutzen versteht. Zum Beyspiel, wenn sie durch einen Fluſs getheilt ist, so lassen sich mehrere Vortheile bezwecken. 1) Wenn der Feind nur eine Seite des Zuganges vom Flusse angreift, und die andere vernachläſsigt, so kann man auf dieser Seite hinausgehen und seine Laufgräben im Rücken nehmen. 2) Greift er beyde Seiten des Flusses zugleich an, so sind die Angriffe getrennt, er wird Mühe haben, sie gehörig zu unterstützen, und deshalb viel stärker seyn müssen; ohnedem läuft er wegen der Schwierigkeit, welche die durch den Lauf des Flusses unterbrochenen Communicationen verursachen Gefahr, an einem oder dem andern Angriffsorte durch die Ausfälle geschlagen zu werden.“ Diese vortreffliche Lage hat z. B. *Magdeburg*; wegen seiner Gröſse ist keine Festung geeigneter, selbst nach einer verlornen Schlacht, wenn der Weg dahin noch offen ist, oder nach der Verlassung anderer von Magdeburg entfernten Positionen, groſse Armeen aufzunehmen, um von Neuem den Feind unter die Augen zu treten, und ihn durch Ausfälle zu Grunde zu richten. Zweymal hätte es bedeutende Armeen aufnehmen können; jedesmal ist aber dies versäumt worden. 3) „Wenn man an dem Eingange des Platzes Wassersperren oder Schleusen hat, so kann man, durch Aufhaltung des Wassers, einen Theil der Umgebungen von der Festung, überschwemmen, wie zu Oudenarde, Tournay, Condé, Menin, Douay, Valenciennes, wodurch ein groſser Theil des Umfangs unzugänglich wird. Dies ist ein bedeutender Gewinn. Kann man sich vollends Strömungen in den Gräben verschaffen, so ist dies ein neues Hinderniſs für den Feind. 4) „Wenn der Platz mit Morästen umgeben ist, welche das Approchiren nur auf den Chausseen gestatten, so ist dies ein groſser Vortheil, weil in diesem Falle die Laufgräben aus der Festung enfilirt oder en Echarpe beschossen werden können, was des Feindes Vorrücken sehr langsam und blutig macht, und Ursache wird, daſs man in der Festung seinen bedeckten Weg, festen Fuſses vertheidigen kann, auch Zeit verschafft, sich in den übrigen Theilen zu retranchiren.“ Die bey Herzogenbusch Tab. 34. liegenden Forts geben hierüber ein lehrreiches Beyspiel.

Man sollte auch: die über Flüsse und Moräste (in der Nähe der Festung) führenden Brücken, vor der Belagerung, auf eine vollkommene Art zerstören, oder mit geschlossenen, dem Feuer der Festung ausgesetzten Redouten, sichern. Das Abbrechen der hölzernen Brücken geschieht zum leichtesten und sichersten, wenn man die Jochpfähle absprengt, und ich verweise deswegen auf den 2. Band S. 492.

§. 8. Jede militärische Inondation werde dergestalt eingerichtet, daſs der Feind dieselbe weder erniedrigen, noch schädlich für die Festung erhöhen, vielweniger abzapfen könne. Es müssen daher alle Stau-Vorrichtungen gegen das feindliche Geschütz gesichert seyn. Werden sie in Dämmen angebracht, so lege man sie in diesen ihren innern Böschungen, und führe den Inondations-Canal dergestalt im Bo-

gen vor dieselben hin, daſs derselbe mit einer solchen Verschanzung versehen werde, die die Schleuse vollständig gegen das Geschütz deckt. Die Verschanzungen an der Grebbe-Schleuse (Tab. 38.) geben hiervon ein gutes Beyspiel. Inondationen um Festungen müssen ihre Stauvorrichtungen in den Festungswerken selbst haben.

§. 9. Der von der Inondation bedeckte Boden muſs, wenn er porös und kiesigt ist, gleich nach vollendeten Festungsbau so lange mit Wasser bedeckt bleiben, bis er das Wasser nicht mehr stark einsaugt.

§. 10. Damit der Belagerte die ihm vortheilhaft scheinenden Ausfälle mache, und sich durch die Inondation nach der Festung zurückziehen könne, so müssen von der Festung ab mehrere gepflasterte oder Erd-Dammwege gehn, die mit Forts und Batterien gedeckt werden und mit der Festung zusammen hangen. Die um Herzogenbusch Tab. 34. liegenden Forts geben hierüber ein lehrreiches Beyspiel. Diese Dammwege mögen, so weit sie vom fliessenden Wasser oder von heftigen Wogen bespült werden, an ihrem Fuſse eine Bekleidung oder Verzäunung von grünen Weidenreisern erhalten, die mit Steinen oder Kies auszufüllen sind. In der Nähe der Stauschleusen oder Stau-Balkenwände mache man sie aus Faschinenbau, damit das längs denselben, während der Ein- oder Auslassung der Inondation durchströmende Wasser, sie nicht beschädige. Einige Dammstrecken müssen auch zuweilen als Ueberfälle dienen, wenn nämlich ein Fluſs mehrmahlen durchgedämmt wird, um die obern Fluſsgegenden zuerst zu überschwemmen. Diese mögen aus einem mit steinen zu beschwerenden Faschinenbau bestehen, dessen Construction im I. Bande gelehrt ist. Zur Erleichterung der Ausfälle müssen die Dammwege nicht auf steilen Bergen, noch in Waldungen, Dörfer, Weinberge oder Gärten endigen, sondern, wo möglich, die Inondation auf einer freyen Ebene verlassen, die von dem in der Inondation liegenden Forts bestrichen wird, damit sich das den Ausfall bildende Corps darauf formiren und ausdehnen könne, sobald es die Inondation verläſst. Diese Wege sollten von der Festung so abgehen, daſs sie von den Bastionen und Ravelins bestrichen werden, damit, wenn der Feind darauf anrücken wollte, nachdem die äussern Forts genommen wären, derselbe dem Kanonenfeuer des Belagerten ausgesetzt sey. Eine ähnliche Richtung erhalte ein Dammweg vor den äusseren Forts, durch welche derselbe passiren muſs. Die Lage der Festung, ihre Construction und ihre Umgebungen bestimmen es demnach: ob man die daraus abgehenden 30′ breit zu machenden Chausseen oder Dammstraſsen, in Krümmungen führen müsse, um sie von der Festung aus bestreichen zu können.

§. 11. Sobald nun der Feind gegen die Festung anzurücken droht, werden in diesen Dämmungen, mit einer Brustwehr, Banket, Wallgang und Graben zu versehende Einschnitte gemacht. Vor ihrer innern Böschung werden schräge oder vertical in den Boden stehende oben spitz seyende Pallisaden eingegraben. Ueber den Graben führe eine Noth- oder besser eine Drehbrücke. Diese fortifizirte, mit Ge-

schütz zu besetzenden Einschnitte, laufenbis in die Inondation hinein, damit sie nicht umgangen werden mögen; sie sind dergestalt mit Scharten zu versehen, damit dieselben den vor ihnen liegenden Dammweg bestreichen. Ueber den Graben mag aber deſswegen eher eine Dreh - als Aufziehbrücke angelegt werden; weil diese dem Geschütz mehr als jene ausgesetzt und den Kanoniers öfters ein Hindernifs ist.

§. 12. Während eine von einer künstlichen Inondation umgebene Festung vom Feinde berennt ist; wird ein darin befindlicher thätig und geschickter kommandirender Ingenieur mehrere Batterien und Verschanzungen anzulegen wissen, die selbst nach der Jahreszeit, welche von wichtigen Einfluſs auf Inondationen ist, ihre Lage und Einrichtung erhalten. Die von Maynz und Kehl herausgekommenen Plane und meine Karte vom Herzogthum Berg, worauf die an dem Rheinufer 1794 und 1795 angelegten Verschanzungen, die ich aufgenommen habe, angedeutet sind, geben dazu sehr gute Beyspiele.

§. 13. In der Nähe der von einer Inondation umgebenen Festung muſs der Commandant viel Pappeln - und Weidengebüsch ziehen lassen, welches die Belagerten beym Anrücken des Feindes abhauen, um es zu Faschinen zu gebrauchen, womit sie in kurzer Zeit in der Inondation neue Wege und Batterien anlegen. Auch mögen groſse Vorräthe von Planken, Balken und runden Baumstämmen bestehn, die man zu Floſsen und Sturmhölzern gebraucht. An platten Fahrzeugen, die Kanonen aufzunehmen, fehle es nicht!

§. 14. Die von der Festung in der Bombenweite liegenden Anhöhen, wenn sie gleich von der Inondation umgeben sind, müssen, entweder abgetragen, oder wie bey Herzogenbusch (Tab. 34.) befestigt werden, weil sonst der Feind unter ihrem Schutze Faschinendämme und Batterien anlegt, um die Festung zu beschieſsen; auch wohl mitten in der Inondation, nach Art der Parallelen, Verschanzungen im Zickzack fortsetzt, wie im Oesterreichischen Successionskriege bey der Einnahme des ohnweit der Schelde liegenden Forts *Axel* geschah.

§. 15. Kann die militärische Inondation in kurzer oder zur rechten Zeit nicht geschehen, welches daselbst vorkömmt, wo der Zufluſs der aufzustauenden Wassermasse (wie bey Herzogenbusch) nicht groſs genug ist, so mag dieselbe nach und nach auf einzelnen, mit den, einen Wallgang bildenden, Staudämmen, zu umgebenden Bezirke geschehen. Zuerst ist die zum weitesten von den Festungen entlegene Fläche zu inondiren; dies kann aber nur dadurch in Erfüllung gehn, wenn man in den aufstauenden Gewässern, wo die Staudämme liegen und dasselbe kreutzen, Stauschleusen anlegt. Zuweilen können selbst bedeutende Flüsse solche Inondationen bilden; es ist daher die Beherrschung derselben, insbesondere ihrer By - und Confluenzen, nöthig. Diese müssen sonach mit Retranchements und Redouten gedeckt seyn, welches vorzüglich bey solchen Fluſsästen zur unbedingten Nothwendigkeit wird, welche eine Landschaft, der Vertheidigung wegen, überschwemmen soll; die man mittelst

Faschinenbauwerken an ihrer Stromscheidung ableiten könnte. Ein Fall, der bey der Theilung der Yssel vom Niederrhein (Tab. 14.) statt finden kann, und der öfterer, wie es wirklich geschehen, eingetreten seyn würde, hätten die Militär-Ingenieure den Faschinenbau praktisch verstanden.

Wir werden späterhin sehen, wie diese angeführten Grundsätze bey den wichtigsten in Europa bestehenden militärischen Inondationen befolgt sind, indem ich meine in Holland gemachten Reisebemerkungen und Localuntersuchungen dazu benutzen werde.

§. 16. Auf grofse Bezirke sich ausdehnende militärische Inondationen sollten nur von solchen Dämmen und Anhöhen begränzt seyn, wovon jene mit bewallten Durchschnitten und Forts, diese mit Retranchements, versehen sind. Die holländische Inondation längs den Vecht-Dämmen (Tab. 42.) giebt hierüber ein lehrreiches Beyspiel; dieselbe ist von den Forts: *Nieuwersluis*, *Hinderdamm*, *Uitermeer*, einem Retranchement ohnweit *Bussum*, eine Redoute bey *t'Veen*, nicht weit von Utrecht, der Citadelle von *Muyden* und der Festung *Naarden* gedeckt.

§. 17. Wird die mit einer Inondation umgebene Festung oder Landschaft während solcher kalten Jahreszeit, worin die stehenden Gewässer zufrieren, belagert oder angegriffen: so mufs man die Wasserhöhe der Inondation, mittelst dem abwechselnden Oeffnen und Verschliefsen der Stau-Vorrichtungen in stetem Steigen und Fallen erhalten, damit die Wirkung der Kälte vermindert, die Eisdecke aber zum Fallen und Einstürzen genöthigt werde, welches geschieht, wenn es hohl liegt. Auch kann mit starken Sägen das Eis durchschnitten werden, um in dem Eisfelde offene Stellen zu bewirken. Dieses wird freylich bey Inondationen grofser Landes-Bezirke nicht viel fruchten, und es haben daher die Holländer im Jahre 1797 von ihren künstlichen Ueberschwemmungen wenig Nutzen ziehen können, zumal da die Alliirten es nicht der Mühe werth achteten: Naarden, die Citadelle von Muyden, Gorkum, Loewenstein, Woudrichem, (T. 30.) Heusden und Herzogenbusch (T. 34.) zu vertheidigen! Selbst Grave hat sich nicht lange gehalten. Auch in heifser Jahreszeit, worin die Ausdünstungen stehender Gewässer der Gesundheit schädlich sind, mag diese Maasregel angewendet werden, wodurch die Meinung derjenigen, welche künstliche Inondaitonen wegen dem nachtheiligen Einflufs, den sie auf die Gesundheit der Besatzung haben kann, verwerfen, widerlegt wird.

§. 18. Da diejenigen *Festungen*, welche Heerstrafsen, Flüsse und Gebirgspässe beherrschen, die feindlichen Einfälle verhindern, einen Vereinigungspunct für Armee-Corps sind, die Magazine aller Art aufnehmen, und so lange eine Sicherheit für Armee-Corps gestatten sollen, bis eine Armee sich im Felde zeigt, so mufs vorzüglich bey ihrer Auswahl hierauf Rücksicht genommen werden, und man mufs sie also wo möglich in solche Gegenden anlegen, wo sich die Heerstrafsen vereinigen, schiffbahre Flüsse davon beherrscht werden. und wo künstliche Inondationen errichtet werden können. Die Auswahl des Locals für feste Plätze erfordert in der That viel Ueber-

legung; nur wenig Festungen entsprechen in dieser Rücksicht ihrer eigentlichen Bestimmung. Werden sie vollends mit schwachen Garnisonen besetzt, so läſst sie der Feind liegen, stellt gegenüber ein zahlreiches Corps in einem wohlverschanzten Lager und setzt mit der Armee seine Operationen fort.

Die obigen Absichten würde z. B. *in Baiern* eine an der *Mündung der Isar* angelegte Festung erfüllen. Ich habe deswegen bereits i. J. 1806 vorgeschlagen: die gegenwärtig gegen die Donau anlaufende Isar durch ein neues Bett mit der Donau spitzwinkelig zu vereinigen, wodurch zugleich die Ueberschwemmungen entfernt würden; zwischen der Alten- und dieser Neuen Isar, so wie zwischen der Donau, eine casemattirte Festung, jenseits der Donau und der Alten- und Neuen Isar, Horn- und Kronwerke oder Forts anzulegen. Diese Festung würde die Donau beherrschen, dem Feinde die Besetzung Baierns erschweren, und vermittelst des Transportes auf Flossen alle kostbaren Gegenstände und die Militärvorräthe von München (in ausserordentlichen Fällen) aufnehmen. Bey dieser Anlage lieſse sich das System von *Carmontaigne*, mit dem gröſsten Nutzen anwenden! Da sie von Gewässern umgeben werden kann, und in einer Ebene gelegt würde, so kann sie nicht approchirt werden, und dann ist sie leicht zu verproviantiren, weil die fruchtbaren Gegenden wenig Stunden davon entfernt sind; Steine dazu, geben die Gebäude des Klosters Alteich und die nahen Steinbrüche. Diese Festung würde auch deswegen den Ansichten groſser Generäle, z. B. des Marschalls von Sachsen, entsprechen: weil es keine Stadt ist, sondern aus bombenfreyen Casematten und militärischen Gebäuden bestehen kann. Alle Feldherrn sind der Meynung: daſs kein Land ohne Festungen gegen die Einfälle der Nachbarn gesichert ist, und ihre Gröſse und Anzahl muſs der Militärmacht des Landes entsprechen; zu groſse Festungen und mit blos einzelnen Linien zusammen gehängte Forts können aber öfters, besonders wenn sie von Flüssen getrennt und von Anhöhen dominirt sind, mehr schädlich als nützlich seyn, weil sie nur mit Armeen vertheidigt werden können. Ein Beyspiel giebt die 1809 und 1810 gemachte Anlage der Forts und Verschanzungen um Passau; Anlagen, die dem Königreiche Baiern mehrere Millionen gekostet haben, und die ihrer schlechten Bauart wegen bereits (1813) verfallen sind.

§. 19. Nach diesen allgemeinen Ansichten und Maximen sey es mir erlaubt, zwey Belagerungen, bey denen die Brücken und künstlichen Inondationen eine vorzügliche Rolle einnahmen, als Beyspiele anzuführen. Die erste ist die Belagerung von *Antwerpen*, wobey den Belagerten die Inondationen einen wesentlichen Dienst geleistet haben würden, wenn sie Einsicht und Patriotismus genug gehabt hätten, sich ihrer zu bedienen. *Strada* in der Beschreibung de bello Belgico Dec. II. Lib. VI. sagt davon: „ich beginne die Beschreibung der denkwürdigsten und berühmtesten Belagerung, die je statt hatte: denn nie führte män gröſsere Werke in flieſsenden Gewässern auf, nie gebahr der menschliche Verstand kühnere Entwürfe; man legte

Forts in reissende Ströme, grub Minen unter Wasser, und führte diese über Dämme und andere Dämme über Flüsse.“ Die Belagerung einer so reichen und bevölkerten Stadt, deren Volksmenge über 80,000 stieg, die den thätigsten Antheil an den Niederländischen Staatenbund hatte, die sich durch einen hohen Freyheitssinn so oft aussprach, und ihre unbeschränkte Religionsfreyheit im voraus von der spanischen intoleranten Herrschaft zerstört sah; von deren Besitz die Bezwingung der Niederlande abhing, und die vermittelst der Schelde ihre Bedürfnisse bezog, mufste für den *Herzog von Parma* eine höchst merkwürdige und wichtige Unternehmung seyn. Nicht sowohl ihre Festungswerke als die breite Schelde und der Umstand: dafs Brüssel, Mecheln, Gent, Dendermonde und mehrere kleine Forts und Städte (1584) als der Herzog auf das linke Ufer der Schelde, Antwerpen gegenüber, erschien, noch in der Gewalt des Bundes, um dessen Freyheit Antwerpen stritt, waren, bot der Belagerung nicht allein grofse Schwierigkeiten dar, sondern auch der Umstand: dafs das Belagerungs-Corps, kaum 10,000 Mann Fufsvolk und 1700 Reiter zählte, welchem es an dem Nothwendigsten gebrach, dafs der Mangel des Soldes schon zu einem geheimen Murren reitzte, welches in eine offene Meuterey auszubrechen drohte, und dafs endlich mehrere feste Plätze im Rücken der Armee gelassen werden mufsten. Selbst erfahrne Generäle des vom Herzoge zusammen berufenen Kriegsraths, die weniger kühn als klug waren, zweifelten an einem glücklichen Erfolg; zwey davon stimmten dem Herzoge bey, der dem genialischen Antriebe, welcher den ausgezeichneten Mann auf Bahnen, die der kleine entweder nicht betritt oder nicht endigt, mit glücklicher Sicherheit leitet, folgte. Denen, welche ihm die Bemerkung über die geringe Anzahl seiner Truppen machte, antwortete er: „dafs an einer noch so langen Picke doch nur die Spitze tödte, und dafs es bey militärischen Unternehmungen mehr auf die Kraft ankomme, welche bewege, als auf die Masse, welche zu bewegen sey.“ Je kühner seine Unternehmung war, je gigantesker die dazu erforderlichen Anstalten seinen Truppen erschienen, desto mehr erhöhte er ihre Theilnahme, ihre Anstrengung, ihre Ausdauer, und ihre Habsucht nach der Beute, die das reiche Antwerpen versprach. Aber nur durch den Hunger konnte Antwerpen bezwungen werden; diesen furchtbaren Feind aufzuregen, mufsten alle Zugänge zu Wasser und zu Land verschlossen werden. Um dieser Festung fürs Erste jeden Zuflufs von Seeland, wenn auch nicht ganz abzuschneiden, doch zu erschweren, wollte man sich aller der Schanzen bemächtigen, welche die Antwerper an beyden Ufern der Schelde, zur Beschützung der Schifffahrt, angelegt hatten, und wo es anging, neue, den Flufs beherrschende, aufwerfen. Damit aber die Stadt von dem innern Lande die Bedürfnisse nicht bezöge, mufsten alle umliegenden Städte Brabants und Flanderns in dem Plan der Belagerung berücksichtigt, der Fall Antwerpens aber auf den Fall aller dieser Plätze begründet werden. Ein kühner Entwurf, den das Genie seines Urhebers rechtfertigte, und das Glück mit einem glänzenden Ausgang krönte. Unterdessen ward die

Hauptmacht gegen Antwerpen selbst geführt, welches der Herzog mit seinen Truppen gänzlich einzuschliefsen suchte. Er selbst nahm seine Stellung zu Bevern in Flandern, ohnweit Antwerpen (T. 132.), wo er ein verschanztes Lager bezog. Unterhalb Antwerpen ward die Fahrt auf der Schelde von zwey Forts; das von *Liefkenhoeck* auf der Insel Doel gelegene und von dem von Lillo gesichert. Da dieses, auf Befehl Alba's, vom General *Mondragon*, erbaut war, so wurde diesem der Angriff darauf übertragen; das erstere sollte der Markgraf von *Rysburg* erobern. „Eine merkwürdige Kriegslist," sagt Strada, „begünstigte bey dem ersten Fort den Erfolg: man steckte eine Menge mit Heu und Stroh beladener Wägen in Brand, von welchen die Rauchwolken gegen Liefkenhoek getrieben wurden, die Besatzung einhüllten, und sie zu ersticken drohten." *) Diesen Moment benutzten die Belagerer zum Sturm, und erstiegen die Wälle an eben dem Tage, an welchem der berühmte Prinz von *Oranien* durch Mörderhände fiel. Mondragon war mit dem von Lillo nicht so glücklich; er verlohr durch die ruhmvolle Vertheidigung des Commandanten Odets von Teligny, der die spanischen Belagerungswerke zerstörte, 2000 Mann und sechs Wochen Zeit; er mufste mit einer weiten Circumvallationslinie längs den Dämmen, der vermittelst Eröffnung der Schleusen bewirkten Ueberschwemmung wegen, sich begnügen, und bezog bey *Stabröck* ein festes Lager. Hier konnte also, nachdem man von den zwo Eorts nicht Meister ward, die Fahrt auf der breiten Schelde nicht gesperrt werden, und der Herzog beschlofs: diese Sperrung durch eine *Brücke* näher gegen Antwerpen zu bewerkstelligen. Siehe Tab. 132. Fig. V. Der Gedanke dazu war eben so kühn als neu, und Einige hielten ihn daher für abentheuerlich. Zuerst im September (1584) wurde an jedes Ufer ein Fort angelegt, und als beyde Forts mit Geschütz besetzt waren, begann der Bau dieser berühmten Brücke! Das auf dem linken Ufer erbaute Fort hiefs das von *Callo*, wobey noch eine starke Batterie E lag; das auf dem rechten Ufer benannte man nach einem nahe dabey gelegenen Dorfe, das Fort von *Oordamm*; jenes hiefs auch das Fort St. *Philipp*, und dieses St. *Maria*. Die Breite des Flusses von 1998 Schuh, dessen Tiefe, der Mangel an Bauholz und Werkleuten, so wie die gefährliche Lage zwischen den Flotten von Antwerpen und Seeland; dieses alles konnte diese Unternehmung in die Länge ziehen und selbst vernichten. Zur Beyschaffung der Materialien ward ein zwey Stunden langer Canal gegraben, in dessen Nähe der Prinz sein Hauptquartier aufschlug, um dessen Vollendung zu betreiben. Der Rath zwoer

*) Es ist sonderbar, dafs man sich dieses Mittels zur Stürmung einer Festung oder Batterien, zum Angriff feindlicher Stellungen und selbst in der Schlacht, nicht so oft bediente, als die Witterung und der Wind es zuläfst! Im Allgemeinen haben die Belagerer mehr bey regelmäfsigen Belagerungen verlohren, als wenn sie einen Sturm wagten; nur mufs dabey menschlich gegen den Bürger und die Einwohner verfahren werden. Man mag die Sieger *belohnen* und *bezahlen*! Man stürmt ganze Reihen von Batterien und unterläfst den Sturm der Festungen. Der preufsische General-Lieutenant von *Bülow*, einer der ersten Feldherrn unserer Zeit, hat wahrhaft grofse militärische Talente bey den Einnahmen durch Sturm, bey der Eroberung von Holland und Brabant $18\frac{13}{14}$ entwickelt und bewiesen!

geschickter Ingenieurs *Barocchi* und *Plato*, wurde bey diesen Unternehmungen befolgt, und indem man zur Ausführung die lebhaftesten Vorkehrungen traff, worauf die Aufmerksamkeit der Belagerten gerichtet war, griff der Herzog, unerwartet, *Dendermonde* an, eroberte es binnen 11 Tagen, weil die Belagerten die künstlichen Ueberschwemmungen ins Werk zu setzen verabsäumt hatten. Dieser Platz war den Spaniern um so wichtiger, da die Städte *Antwerpen* und *Gent* wechselseitig mit dessen Hülfe sich unterstützen konnten. Auch Gent ergab sich dem Herzog, der in dieser schönen und grofsen Stadt nicht nur eine Menge von Wägen, Geschütz, sondern auch zu der Unternehmung bey Antwerpen sehr nützliche Baugeräthe und Schiffe nebst Matrosen und Werkleute fand. Nach der in Tab. 132. aufgenommenen Zeichnung bestand der rechtseitige von Fort *Ordamm* abgehende Theil (*A B* Fig. V.) dieser Brücke aus 22 Jochen, welche mit einem ein Viereck bildenden Bollwerk *B* endigten. Die Jochpfähle bestanden aus den gröfsten Schiffsmasten und waren auf 38 Fufs Abstand eingerammt, so dafs sie mit Inbegriff des Bollwerks eine stehende Brücke von 880 Fufs Länge bildeten. Von dem gegenüber stehenden Ufer ab waren 12 Joche *C D* mit einem Bollwerk endend, etwa auf 20 Fufs Abstand eingerammt, und den Zwischenraum *B C* füllten 31 platte Fahrzeuge (Plinten) von 60 Fufs Länge, und 29 Schuh Breite *), wovon jedes (der Ebbe und Fluth wegen) mit zwey Anker befestiget war; über alle Schiffe liefen starke Balken (Strafsenträger). Die zwey Jochbrücken *A B* und *C D* erhielten eine Art von Brustwehr, und bey den Bollwerken *B* und *C* wurden auf und abwärts zwey Reihen Pfähle eingerammt, um Gurtungen zu tragen, worauf mit eisernen Spitzen versehene Mastbäume *h h* ruhten, um den feindlichen Schiffen das Anlaufen zu verhindern. Da jede Barke zwey Kanonen trug, mit 30 Soldaten und 20 Schiffsleuten besetzt war, so scheint mir die Breite von 12 Schuh zu geringe zu seyn. Aber die Brücke *B C* mufste auch noch gegen den Angriff feindlicher Flotten gesichert werden, und der Ingenieur *Barocchio* schlug defswegen die Errichtung von zwey aus Masten bestehenden Flofsen *a b* und *f g*, wovon jedes mit 12 Anker gehalten wurde **), vor. Von den zwey Ufern wurden an jeder Seite dieser Brücke, die man, ihrer Seitenwände wegen, Estacade nannte, zehn Schiffe *e e* mit Munition und Geschütz vor Anker gelegt, welche man auch zum Aufhalten schwimmender Zerstörungs-Mittel gebrauchen konnte. Am 25. Februar 1585, nach sieben Monaten, war dieses grofse Werk vollendet.

*) Wenn einige die Breite der Fahrzeuze zu 12 Fufs angegeben haben, so ist dies zu wenig, denn 29 . 31 ist 889 Fufs; der ganze Raum, den sie füllten, betrug 898 Fufs, so dafs sie, wie dies wahrscheinlich, und auf Tab. 132. ausgedruckt ist, fast dicht neben einander standen, um dem Strome zu widerstehen; das Geschütz und selbst Batterien zu tragen und das Durchbrechen feindlicher Schiffe zu hindern. Nach Andern sollen die Schiffe auf 22 Fufs Abstand gelegt worden seyn.

**) Als Maynz 1793 belagert wurde, hatten die Franzosen, oberhalb der Schiffbrücke, ähnliche schwimmende Mastenflosse mit Anker befestigt, welche vortreffliche Dienste geleistet haben.

Der hochherzige *Prinz von Oranien*, obwohl den Verlust Antwerpens durchaus bezweifelnd, gab dem Bürgermeister *Aldegonde*, den er nach Delft zu sich beschieden hatte, den Rath: den zwischen Senvliet und Lillo liegenden Damm (Blaauwgarendyk) unverzüglich schleifen, um die Gewässer der Osterschelde in den Polder von Bergen eintreten zu lassen, auf diese Weise den seeländischen Schiffen, wenn etwa die Schelde gesperrt würde, in der Inondation die Fahrt bis nach Antwerpen zu bahnen. *Aldegonde* trug dieses dem Magistrat vor, aber die *Zunft der Fleischer* stand dagegen auf, weil das Feld, welches man unter Wasser setzen wollte, eine Hutweide war, die jährlich 12,000 Stück Ochsen fett machte. Diese thörigte Weigerung siegte im Rath über den klugen Antrag ihres ersten Patrioten, ihrer höchsten Magistratspersohn! und so glaubte man mit denen im Lande *Waes* eingelassenen Ueberschwemmungen genug gethan zu haben. Dies ist abermals ein merkwürdiges Beyspiel von dem Egoismus einer einzelnen Zunft und wie schwierig es sey: die Menschen, durch vernünftige Gründe, zu Aufopferungen zu bereden, wenn es gleich gewiſs ist, daſs sie später tausendmal mehr, selbst ihre Freyheit, ihr Gut und Blut verlieren, sie müssen daher fast immer zum bessern gezwungen werden! Erst muſste der Feind aus seinen längs der Schelde liegenden Schanzen, die Schifffahrt auf diesem Flusse gefährlich machen, in Brabant eine Stadt nach der andern genommen haben, bevor Antwerpens Bewohner das schreckliche ihrer Lage einsahen; ihr erstes Bedürfniſs, *Getreide*, wurde von Wuchern aufgekauft und zurückbehalten; nicht einmal die Reichen wollten es ankaufen, um es, im Fall der Noth, wieder für Geld herzugeben. Der Magistrat, während, er dem Egoism der Reichen nachgab, hielt dafür: daſs man einem Jeden befehlen solle, sich für sich selbst, auf zwey Jahre, mit dem nöthigen Proviant zu versehen; ein Vorschlag, wobey sie sehr gut für sich, aber sehr schlecht für die ärmern Einwohner sorgten, denen es an Mitteln dazu mangelte. Der Magistrat, indem er so die Reichen zu schonen, und den Pöbel zu schmeicheln bemüht war, wählte ein für das ganze gefährliche Mittel; indem er zu eben der Zeit, als Seeländische Lieferanten auf den vom Feinde besetzten Wasserstraſsen, vor Antwerpen mit Getreide angefüllten Schiffen erschienen, den Preis aller Lebensmittel herabsetzte, und verordnete: das Alles aus freyer Hand von den Schiffen gekauft werden sollte. Die Unternehmer, durch diese Vorkehrungen, um den ganzen Gewinn ihrer Fahrt betrogen, spannten die Seegel und verlieſsen Antwerpen, mit dem gröſsten Theil ihrer Ladung, welche hingereicht haben würde, die Stadt mehrere Monate zu ernähren. Ohne Zweifel wurden diese unverständigen Maaſsregeln durch die noch unverständigere Behauptung beschönigt: daſs der Herzog von Parma: unmöglich die 2400 Fuſs breite Schelde sperren könne! Während dem ergab sich *Gent*, welches die zur Schiffbrücke erforderlichen Materialien enthielt. Die Schwierigkeit war nur, diese sicher herbeyzuschaffen; dazu öffneten ihm die Feinde selbst den natürlichsten Weg, in der Anfangs erwähnten Inondation des Landes von *Waes*. Der Herzog lieſs also seine Schiffe von *Gent* aus-

laufen, und mit ihrer Mannschaft den Damm der Schelde durchstechen, um seine Unternehmung zu sichern.

Zu dieser Zeit befand sich in Antwerpen der aus *Mantua* gebürtige Ingenieur *Gambelli*, welcher mit einer gut ausgedachten Erfindung die Brücke der Spanier zu zerstören sich anheischig machte. Er entwarf den Plan zu einer Barke, welche aus Balken verbunden war, und in dessen Mitte einige in festes Mauerwerk eingeschlossene Minenkammern angebracht wurden; die Barke selbst aber wurde mit Steinblöcken, Kanonenkugeln, dicht neben einander, angefüllt. Aufser diesen feuerspeyenden Balkenkasten wurde noch ein grofses, eine Menge Geschütz fassendes, plattbodiges Schiff erbauet, welches auf leeren Tonnen lag, um ans Ufer über seichte Stellen hinübergetragen zu werden, und damit *unter* den Forts landen zu können, welches die Antwerper das Ende des Kriegs nannten, das aber nicht sobald vollendet war als jene Barke. Am vierten April wurden endlich zwey solche Gambellische Höllenmaschinen flott, wovon man eine das *Glück*, und die andere die *Hoffnung* nannte; neben denselben schwammen mehrere kleine mit Pulver angefüllte Fahrzeuge, die, ohne die Brücke zu beschädigen, flufsaufwärts, in die Luft gesprengt wurden. Auch das *Glück* machte keinen Effekt; es blieb am Ufer sitzen, platzte mit furchtbarem Krachen und zerstreute die Garnison einer Redoute. Aber die *Hoffnung* langte an der Brücke an, und stiefs an die Schutzpfähle eines Joches; hier flog diese Höllenmaschine in die Luft, blieb eine Zeit über in Rauch gehüllt, und verursachte ein auf einige Meilen weit erschütterndes Beben. Die Schelde wich aus ihrem Bett, die Brücke wurde mit ihren Anlagen eine grofse Strecke zerstört, die Stein- und Kugelmassen, welche dieser Vulkan ausspie, tödtete fünf hundert und zerstümmelte mehrere tausend Mann spanischer Truppen. Ihr Entsetzen war so grofs, dafs die Antwerper davon den gröfsten Vortheil hätten ziehen müssen, wenn sie mit diesem Experiment einen Ausfall auf das am rechtseitigen Ufer gelegene Fort, verbunden hätten. Aber sie blieben sorglos in ihren Mauern sitzen, wollten das Haus des *Gambelli* anfallen, und ihn ermorden, weil seine Erfindung keinen Effekt geleistet habe. Erst des andern Tages, als es zu spät war, wurden Antwerpens Bürger von der Wirkung, die sie geleistet, durch einen Boten unterrichtet.

Jetzt liefs man das *Ende des Krieges*, von einem Antwerper erbaut, ins Wasser; aber die damit gemachten Versuche, welche im Bombardement eines Forts und aus einer Landung bestanden, waren fruchtlos, und Antwerpen capitulirte am 17ten August 1585.

§. 20. Auch die *Belagerung von Leyden* (1574) durch die Spanier, ist in Hinsicht künstlicher Inondationen sehr merkwürdig; ich will sie defswegen anführen. *Strada* hebt dieselbe in seiner Kriegsgeschichte, von der ich nur, was die Berichtigung der Localität betrifft, abweichen werde, so an: „Unter Anführung von Franz *Valdes* belagerten die Spanier *Leyden* mit mehr Muth als Glück. Dieser General,

nachdem er Anfangs die feindlichen Aussenwerke, bald darauf einige nahe gelegene Forts genommen, und endlich einer so volkreichen Stadt alle Zufuhren abgeschnitten hatte, hätte sie bald in das äusserste Gedränge gebracht. Dennoch schrieb er einen freundlichen Brief an die Belagerten, worin er ihnen ganz günstige Bedingungen antrug, falls sie die Stadt übergeben wollten, wobey er ihnen zu erkennen gab, dafs ihm ihre Noth nicht unbekannt sey. Sie antworteten ihm jedoch mit Verachtung und Hochmuth: dafs es ihnen an Lebensmittel nicht gebreche, so lange der linke Arm ihnen geblieben, und dafs sie ihn zur Zeit der Noth essen würden, während sie den rechten Arm zur Vertheidigung ihrer Freyheit gebrauchten. *Valdes*, im Zorn über diese Antwort, liefs den Bau der Laufgräben beschleunigen, schlofs die Stadt noch enger ein, und brachte dadurch in *Leyden*, wo die Einwohner auf allen Seiten Hungers starben, so grofse Unordnungen hervor: dafs der durch das Elend der Geduld beraubte Pöbel laut drohte, dem Feinde die Thore zu öffnen, wenn der Magistrat die Bedingungen nicht annehmen werde, die ihm für die Uebergabe vorgelegt würden. *Valdes* davon benachrichtigt, beschlofs: die bereits erschütterte Stadt zu stürmen, und befahl, dafs sich die ganze Armee, binnen drey Tagen, zum Sturm bereit halten solle. Die niedrigen Gegenden um Leyden sind, wie Tab. 41. zeigt, von einer Menge Gräben und Canälen durchschnitten; der *Rhein* selbst fliefst mitten durch die Stadt, und dehnt sich nach mehrern Richtungen aus; und obgleich die *Yssel*, der *Leck* und die *Waal* entfernter sind, so kann doch aus denselben das Wasser nach Leyden geführt werden; nämlich aus der *obern-Waal* durch den *Rhein bey Wyck by Duurstede*, und aus dem *Leck*, durch die *Yssel* und von dieser durch *Gouda* in den *Rhein*, oberhalb *Leyden;* Gewässer, die man zwischen Dämme einschränkte, und so die Gegend um Leyden nicht nur mit dem Wasser dieser Flüsse, sondere auch durch das Wasser der Südersee, indem die Schleusen bey *Halfwege* geöffnet wurden, überschwemmte. Die Holländer, nachdem sie vermittelst einiger als Briefträger abgerichteter Tauben, der Stadt Leyden ihr Vorhaben bekannt gemacht, durchstachen die die Dämme des *Rheins* und der *Yssel*; so entstand eine Inondation, gefährlich für die Stellung der Belagerer, die davon umgeben wurden, aber nützlich für die Belagerten, indem die Holländer diesen, über dieselbe hin, Lebensmittel und Verstärkung zuführten. Es läfst sich, sagt *Strada*, kaum angeben, wie hoch die Anzahl der Schiffe gewesen, die mit Soldaten und Kanonen bemannt, aus allen benachbarten Städten, zur Hülfe herbeysegelten. Er rechnet dieses Geschwader zu 50 kriegsmäfsig bemannten und mit Waffen aller Art angefüllten Schiffen und ohne die Matrosen, die waffenfähige Mannschaft zu zwölfhundert. Trotz dem liefsen die Spanier den Muth nicht sinken; als sie durch die Gewässer genöthigt wurden, einige niedrig gelegene Forts zu verlassen, vertheidigten sich die übrigen mit so tapferer Beharrlichkeit, dafs sie in Ermangelung der nöthigen Werkzeuge, zur Anfertigung der gegen Wellen und Feinde nöthigen Dämme, ihre Dolche und Degen gebrauchten, und die

Erde in ihren Helmen und Brustharnischen herbeytrugen. Wir lesen, dafs die von Tournesis zu anderer Zeit, in ähnlicher Noth, in den Niederlanden ein gleiches gethan, als sie das Lager des *Quintus cicero* einschlossen; auch diese waren genöthigt, die die Erde mit dem Schwerte auszuheben, und in ihren Waffenschürzen zusammenzutragen. Als aber die Gefahr mit dem Steigen der Gewässer immer gröfser ward, warfen die jetzt vielmehr belagerten Spanier das schwerste Geschütz in nahe Gräben, und endlich ergriff *Valdes*, der es zu spät bereuete, den günstigen Augenblick zur Eroberung von *Leyden* ausser Acht gelassen zu haben, eine plötzliche Angst, und er hob, nach vier Monaten vergeblicher Arbeit, die Belagerung, nicht ohne grofsen Verlust, auf: denn die Holländer verfolgten den Feind mit eben so viel Muth als Klugheit.

§. 21. Da diese Abtheilung der Wasserbaukunde mit keinem gröfserem und wichtigeren Beyspiele als mit dem der künstlichen Inondationen Hollands bereichert werden kann: so will ich dieselben beschreiben, wie ich sie gröfstentheils selbst kenne.

Ich komme daher zur

Darstellung der künstlichen Inondationen Hollands und der Benutzung des Strandes so wie der Seemündungen zum Angriff und zur Vertheidigung dieser Inondationen.

§. 22. Die Provinzen Geldern, Utrecht und Holland sind, seitdem sie einige künstliche Inondationen, die erst im 18. Jahrhundert die jetzige Vollkommenheit erreicht haben — hatten, viermal von Feinden angegriffen worden. Zuerst von den Spaniern, dann von Ludwig XIV., das drittemal von Preufsen, und endlich von Frankreich, während des harten Winters 179$\frac{4}{5}$. Der zweyte Angriff gelang nur bis *Naarden;* der dritte wurde von Partheywuth begünstigt, und der vierte würde wahrscheinlich nicht so vollständig gelungen seyn, wie er gelang, hätten die Oesterreichischen Generäle am linken Rheinufer bey *Düsseldorf* an dem Dorfe *Heerd* (Tab. 2.) die Anhöhe verschanzt; die Düsseldorfer Rheinkrümme durchgegraben und unter Mühlheim (Tab. 6.) bedeutende Redouten aufgeworfen, um jenseits des Rheins im Winter 1794, sichern Fufs zu behalten. Hierdurch hätten die Oesterreicher entweder bey dem einen oder andern militärischen Puncte die französische Armee jenseits des Rheins beunruhigen, letztere daher ihre ganze Stärke nicht auf die Eroberung Hollands wenden können. Die Anlegung jenes Durchstiches bey Düsseldorf und der zwey Haupt-Retranchements (vor Düsseldorf und unter Mühlheim) war um so ausführbarer, da die Oesterreichische Armee dazu die Herzogthümer Jülich und Berg so wie das Cöllnische, hätten aufbieten können und sie immer noch 65000 Mann ausmachte.

§. 23. Wenn man die topographische und militärische Lage Hollands betrachtet: so wird es begreiflich, dafs die ehemalige Republik zur Erhaltung ihrer Selbstständigkeit gegen Süden und Osten einer Reihe von Festungen bedurfte und zugleich genöthiget war, ihre Gewässer zu militärischen Inondationen zu benutzen. Nur mit

solchen Vertheidigungs-Mitteln war ihre kleine Macht im stande, sich gegen mächtige Nachbarn zu schützen! Sie sah auch bestimmt die Nachtheile eines Cordons-Systems ein, welches das für sie gegen *Ludwig XIV.* beobachtete gehabt hatte. Alle damals längs der *Waal*, dem *Rhein* und der *Yssel* aufgeworfenen Retranchements konnten diesen ruhmbegierigen König nicht zurück halten, welches die künstlichen Inondationen von *Muyden* und van der *Vecht* thaten. Wie viel Blut, wie viele Provinzen wären wohl für manche Macht erspart worden, wenn die Generäle unserer Zeit den Holländischen Feldzug unter Ludwig XIV. studirt, und die Folgen des damaligen Cordons-Systems berücksichtiget hätten. Durch diese grofse Erfahrung belehrt, achteten daher die Holländer wenig auf die Festungen *Nymegen* und *Arnheim*: denn sie (Tab. 27.) erfordern eine zu grofse Besatzung, und die letztere (Tab. 38.) kann von den nahen Anhöhen bald beschossen und nutzlos gemacht werden. Die im 16. Jahrhundert längs der *Waal* und der *Yssel* bestandenen, und auf einigen Karten des Blauwschen Altlasses noch angegebenen Batterien wurden abandonnirt und die der Festung *Gorkum* gegenüber liegenden Forts: *Loewenstein* und *Workum*, so wie die grofsen künstlichen Inondationen vervollkommnet; auch *Naarden*, *Gorkum*, *Herzogenbusch* und *Grave* wurden verbessert. Was können auch Batterien an Flüssen fruchten, denen gegenüber Dämme liegen, die der Feind jeden Augenblick zu ähnlichen Batterien umschaffen kann? Den ersten zwey Festungen fügte man daher die zwischen der *Waal* und dem *Pannerdenschen-Canal* liegende *Sternschanze*; oberhalb der Yssel aber das Retranchement *Geldersche-Ort* genannt, hinzu (Tab. 14.): welche Anlagen um so nöthiger waren, da *Ludwig XIV.* bey *Lobith* den *Rhein* passirt hatte und von da aus ohne besondern Widerstand bis *Utrecht* vorgedrungen war. *Nymegen* und *Arnheim* bilden daher mit jenem Retranchement und der *Sternschanze* die erste Defensions-Linie gegen einen Feind, der vom *Rhein* abwärts *Holland* angreift. Endlich legten die Holländer die Forts: *Uitermeer*, *Hinderdamm* und *Nieuwersluis* (Tab. 42.), so wie die Retranchements an der *Grebbe* (Tab. 38.) an.

§. 24. Die 2te Defensions-Linie ist der ersten weit vorzuziehen, und von ihr hieng ehemahls die Sicherheit, so wie die Vertheidigung Hollands vorzüglich ab. Sie nimmt ihren Anfang am *Südersee*: nämlich nördlich *Amersfort* bey der *Spackenburger-Schleuse* (Tab. 42.), und wird von derselben ab bis zur Grebbe-Schleuse, die oberhalb *Wyk by Duurstede* (T. 39.) liegt, und auf (T. 37.) genau mit dem oben erwähnten Retranchement, an der Grebbe, dargestellt ist, von einer fortlaufenden Inondation verstärkt. Zu ihr kann auch noch der befestigte am *Rhein* liegende Ort *Wageningen* (T. 38.) gezählt werden. Diese Inondation wird nämlich von den genannten zwey Schleusen bewirkt: die erste, d. i. die *Spackenburger-Schleuse* versagt, nämlich der eingelaufenen Fluth den Rückgang in die *Südersee*, welche von dem rechtseitigen *Eem-Deiche* bis *Ammersfort* und gegen *Bunshotten*, die Gegend unter Wasser setzt; die zweyte oder *Grebbe-Schleuse* hemmt den Ablauf der kleinen Ge-

wässer, d. i. der *Veenendalschen-Vaart* und der *Grebbe* in den *Rhein*, macht sie daher zurücktreten, und läſst selbst einen Theil des hohen *Rheins* durch, der nachher zurück gehalten wird. *) Sie macht auf diese Weise eine Inondation bis gegen *Emmickhausen*. Zwischen diesen zwey Inondationen liegt noch eine Inondation: *Walsgang* genannt, in deren Mitte sich die Schanze *Woudenberg* befindet, die mittelst einiger kleinen Schleusen, bewerkstelligt wird. Eine Schleuse liegt nämlich bey *Rodenhaan*, die zweyte bey *Emmerickhofen* ohnweit *Buurstegh* (T. 42.), welche von einem Retranchement umgeben ist. Das dritte Aufziehschütz liegt bey *Lambalgen* in einem steinernen Wehr, welches die *Lunterse-Bek* oder die Fahrt von *Vennendals* nach *Ammersfort* sperrt. Die Begränzung dieser Inondationen, die nur eine militärische Defensionslinie bilden, und ihre Ausdehnung ist gröſstentheils auf T. 42. mit horizontal schraffirten Strichen angedeutet.

§. 25. Bey einem Vertheidigungs-Kriege werden folgende Maaſsregeln eintreten können. *a*) Die *Spackenburger-Schleuse* ist zu befestigen, und mit einem kleinen Corps zu decken. *b*) Vor dem *Eem*-Flusse, so wie bey *Haardewyk* sind auf der *Südersee* Canonierböte zu legen. *c*) Oestlich *Ammersfort* ist ein retranchirtes Lager zu etabliren, dessen Reserve westlich *Ammersfort* auf der Anhöhe stehen mag. *d*) Da die Inondationslinie *Walsgang* forcirt werden kann, wenn der Feind den bey *Lambalgen* anfangenden Queerdeich (T. 42. Dyk) an dessen zwey Enden das Terrain fest und hoch ist, forcirt, so muſs vorwärts demselben ein Retranchement angelegt werden. Die zweyte Passage über die Inondation ist der Deich (*Draffelaarskade*), welcher von *Glashorst* nach *Woudenberg* führt. Sie ist leichter zu vertheidigen, da sie im Moraste selbst liegt. Vorwärts dieser Linie nach *Glashorst* ist aber das Terrain fest, so daſs der Feind darauf mit Geschütz anrücken kann; also ist auch vor diesem Deiche eine Redoute zu etabliren. *e*) In der Linie *Walsgang*, von der *Grebbe* bis *Ammersfort* ist der Weg tief und nur 7 Schuh breit, daher noch zwey Schuh über den Morast zu erheben, und bis 30 Schuh zu erweitern, welches wahrscheinlich, seitdem ich zum letzten Mahle in Holland gewesen bin, geschehen seyn wird. Eben so werden die zwey Deiche, der *Lambalger* und *Draffelaar* — da, wo sie an die Linie *Walsgang* stoſsen, wenigstens auf eine Länge von 100 Klafter verbreitet worden seyn, um darauf Batterien aufzuführen, und ein Truppencorps aufzustellen, weſswegen das Terrain geebnet seyn muſs. Vor der *Draffelaars-Kade* bis *Treck* ist das Terrain fest aber niedrig. Weiter abwärts von dem sogenannten Hammelsveldsen-Weg ist es sehr morastig und impracticabel. Es muſs also der militärische Weg 200 Klafter zurück gezogen, und bis zum Asschallcke-Deich geführt werden.

*) Diese Inondation wird jedoch gegen die Grebbe zu vorzüglich vom Rhein bewirkt, denn der Canal, worauf die Grebbe-Schleuse liegt, steht 4 1/2 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstand des Rheins, die Juffrouwyk, welches ein stehendes Wasser und auf Tab. 42. auf der Seite in der Nähe des untern Randes gezeichnet ist, liegt mit der Oberfläche der Grebbe wagerecht.

Wichtig sind bey Inondationen die Zugänge; bey dieser Inondation sind zwischen *Amerlingen* und *Amersfort* noch folgende zu berücksichtigen: 1) der *Dwarsweg* nahe bey *Haspel*, wo der *Slaperdeich* anfängt; 2) der Weg *Janse-Francke*, etwa 7200 Schuh lang; 3) der 360 Schuh lange Deich *Heuwelendyck;* 4) der Weg von *Jantonen;* 5) von *Brock*; 6) von *Lambalgen;* 7) von *Brekvanter;* 8) von *Woudenberg;* 9) von *Brunenburg;* 10) von *Leusbrock;* 11) von *Hamelsvelt* und von *Aschat.* Bey diesen Strafsen ist die Inondation 3600 bis 8400 Schuh breit. Diese Strafsen müssen sämmtlich im Fall des Angriffs, mit Batterien und Coupuren versehen werden.

§. 26. Die dritte Defensions-Linie geht von der *Grebbe* aufs linkseitige Ufer des *Niederrheins* (Tab. 37.), und läuft durch die *Betouwe* bis zur *Waal*, ohnweit dem Dorfe *Dodewaard* (Tab. 28.), bey welchem, auf dem *Waal-Deiche*, Batterien angelegt werden mögen. Von hier geht sie auf dieses letztern Flusses linkseitigen Deichen bis da, wo sich die hohe *Maas* mit der hohen *Waal* vereinigt, d. i. daselbst, wo das Fort St. *Andries* (Tab. 29.) liegt. Von hier lauft sie längs den Maasdeichen bis Grave, welches ihre rechte Flanke bildet, und dessen Umgebungen gegen Eelst und Estern, mittelst der in *Grave* liegenden Schleuse (Tab. 33.), inondirt werden.

§. 27. Die gröfste und militärische Inondation — die *Grofse-Inondation* genannt — geht bey *Muyden* und *Naarden* (Tab. 43) an, wird eines Theils von den Deichen längs der *Vecht* bis *Utrecht*, den Höhen von *Hilwersum*, den *Amersfoortsen-Bergen* und von den Dämmen um *Utrecht*, bis zum *Leck* bey *Vianen*, zurückgehalten. Die zweyte Abtheilung dieser Inondation beginnt gleichfalls bey *Muyden*, und wird so, wie es auf T. 43. und 39. mit horizontal schraffirten Strichen angedeutet ist, von dem Vechtdamme bis *Wesep* gehalten. Von da bis zum Fort *Nieuwersluis*, welches alle ihm nahe seyenden Dämme bestreicht, breitet sich die Inondation in den niedrigen Wiesen aus, und wird von den Deichen *Bootersloot*, der *Portenger-*, *Spenger-* und *Hollandsche-Kade* (T. 41 u. 42) gehalten. Dann erstreckt sie sich bis zu dem Deich an der *Grecht*, und läuft nahe hinter *Woerden* an den Rheindeich. Von da dehnt sie sich über den Landesbezirk bey *Linchotten* (T. 40.) bis *Oudewater* aus, und wird, sobald die Stauschleusen zu *Woerden* und *Polanen* geschlossen sind, von der *Linschotter-Kade* gehalten. Von *Oudewater* (T. 39.) erstreckt sich diese Inondation längs dem *Dammwege* bis *Polsbrock*, woselbst in den Canal, woran dieses Dorf liegt, ein Staudamm gemacht ist, der mit einem Retranchement gedeckt wird. Von hier folgt die Inondation den *Jaarsveldsen-Weg* bis zum *Leckdeich* (Tab. 39.), woselbst ein fortificirter Posten etablirt wird. Unter Jaarsveld (T. 29 u. 30.) dient der *Leckflufs* zur militärischen Linie bis zu den *Ameyder-Schleusen*, von wo sie längs dem *Bassel-* und *Zouwendyck* bis nach *Gorkum* geht, und vor welches die Dalemschen-Schleusen einige Gegenden unter Wasser setzen. Zwischen dem Arkelsen-Damm und Spyk wird das von den *Linge-Deichen* eingeschlossene Terrain inondirt, wenn man die Schleuse zu *Gorkum* mit Balken zusetzt. Zum Schutz dieser Inonda-

tionen dienen die Festungen *Naarden*, die Citadelle von *Muyden*, die Forts *Vytermeer*, *Hinderdamm* und dessen davor liegende Redouten; ferner *Nieuwersluis*, die festen Plätze *Woerden*, *Oudewater*, *Sonhoven* und *Gorkum*; und die Retranchements bey *Utrecht* und *Vianen*, welche zur Zeit eines Einfalls angelegt werden müssen. Auch werden in dieser grofsen Inondation noch folgende Puncte verschanzt, als: das *Woerdsche-Verlaat*, der *Oudendam*, *Dodesluis*, und das Dorf *ter Aa*. Zwischen diesem und *Nieuwersluis* ist noch eine Redoute nothwendig, weil dieses Dorf von dort bestrichen werden kann. Auch ist die Höhe ohnweit *Linschotten* oder *Oudewater* mit einer Redoute und einem kleinen Corps zu sichern, um sich desselben nach Umständen, bey *Oudewater* oder *Woerden*, bedienen zu können. Endlich ist der *Muyderberg*, eine der wichtigsten Positionen, die ein bedeutendes Corps aufnehmen mufs. Derselbe kann die Linie von *Amersfort*, *Naarden* und *Muyden* ganz, selbst die Stellung vor *Amsterdam* verstärken, weil dadurch die Communication auf trockenen Wegen, und daher bequem zu unterhalten ist. Die zwischen *Muyden* und *Naarden* auf dem Canal liegende *Hakelaars-Brücke* ist sodann zu verschanzen. Diese vortreffliche Position auf dem *Muyder-Berg*, kann auch den aus der Linie von *Amersfort* und dem *Goy-Lande* vertriebenen Truppen zur Retraite dienen. Als ihn im Jahr 1673 die Franzosen verschanzt hatten, legten die Holländer auf der *Südersee* schwimmende Batterien an, und vertrieben daraus den Feind glücklich. Ein Beweis mehr, dafs Holland stets bey zu befürchtenden feindlicken Angriffen auf der Südersee Kanonierschiffe hätte haben sollen, die auch bey einer bevorstehenden Landung am *Helder* wichtig sind: denn wie leicht könnte sonst der Feind sich vor Amsterdam mit flachen Kanonierschiffen einfinden?

Eine Abtheilung dieser grofsen Inondation läuft vom *Diemerdamm* an der *Südersee* T. 43. nach *Vinkeburg*, *Wesep* längs het *Gayn* und dem *Indyk*, *Londesloot* dem *Angstel-Flusse*, bis zum Dorfe *ter Aa* und dem Canal *Bootersloot*. Von dem *Woerdschen-Verlaat* (d. i. von der Woerder-Schleuse T. 41.) kann diese Inondation bis zur *Mye* unter *Bodegraven* am Rhein ausgedehnt werden, wie ihre Begrenzung auf T. 41. schraffirt ist. Auf dem linkseitigen Rheinufer am Ende der *Wierecker-Kade* liegt zur Vertheidigung dieser Inondation das Fort *Wierecke*. Von diesem Fort ab geht die Inondation ferner bis zum *Wierecker-* und *Prinsendyk* und zur *Goejanverveller-Schleuse*, wo die Passage von einem an beyden Yssel-Ufern vor der Schleuse liegenden Retranchement gedeckt ist. Sie dehnt sich ferner von dem Yssel-Deiche längs der *Vlist* bis nach *Schonnhoven*, *Nieupoort*, längs dem *Poolsweg*, der *Postkade*, dem *Pinkeveer* vor *Goudrian* vorbey, nach *Schelluinen* bis *Gorkum*, oder auch von *Ammers* längs der *Boerenkade* nach *Blokland*, *Giesen-Nieuwekerk* und *Giesendamm* aus, wo sie am *Merwede-Deich* endet. Auch die Gegend um *Gouda* kann unter Wasser gesetzt werden, und zwar mittels der daselbst liegenden Kammerschleusen *A* (T. 35.), welche die *Gouwe* zurück stauet. Diese Inondation wird von dem *Yssel-Deich*, dem *Reedeich*, der *Bruyn-Kade* und dem Deich längs der *Gouwe* gehalten.

§. 28. Alle diese Inondationen, ausser der um *Gouda*, werden folgendermaſsen bewirkt: 1) die an der östlichen Seite der *Veght* von *Myden* bis *Nieuwersluis* und *Woerden* (Tab. 40. und 42.) laufende Inondation erhält ihr Wasser *a)* aus der Suydersee durch die Muyder-Schleuse, die man nach eingetretener Fluth zuschlieſst; *b)* aus dem Leck und Rhein, mittelst den Schleusen zu *Utrecht*, *Vianen* und *Duurstede*, und den Schleusen an der Vecht zu *Breukelen*, die geöffnet werden. Auch die Schleuse zu Nieuwersluis wird zur Aufstauung gebraucht. Der Leser, welchem dieser Gegenstand vorzüglich wichtig ist, wird wohl thun, im II. Bande Seite 318 bis 320 nachzulesen, wo ich von dem Innern-Wasserstand dieser Gegenden gehandelt habe, der mit dessen militärischen Inondationen in Verbindung steht, s, auf (Tab. 41. 42.) 2) Die Inondation zwischen *Woerden* und *Oudewater* wird mittels des Oeffnens der Schleusen in letzterm Orte, und dem Verlaate oder der Schleuse zu *Klaaphek* (Tab. 34.) am Leck, gemacht. 3) Diejenige zwischen *Oudewater* und *Schoonhoven* wird von der in der Gorge des Yssel-Deiches ein wenig vor *Oudewater* liegenden Schleuse bewirkt. 4) Zwischen *Schoonhoven* und *Gorkum* wird der Bezirk entweder mittelst den *Ameyder-Schleusen* oder der groſsen Schleuse zu *Nieuwpoort*, oder auch mit den Schleusen zu *Ammers* inondirt. Im ersten Falle ist es nöthig, den *Zouwendyk* zu durchgraben. 5) Die Inondation längs der *Wiereke* (T. 41.) oder dem *Prinsendyk* bis zur *Yssel*, wird mit dem Zuschluſs der *Gojanverweller-Schleuse* bewerkstelligt. 6) Zum Behuf der längs dem Vlistdyk gehenden Inondation stellt man die Schleusen bey *Haasdrecht* zu. 7) Die Inondation um Naarden (T. 42.) kann *a)* mit Fluſs- und *b)* mit Seewasser gemacht werden, und dehnt sich 3600 Fuſs um die Festung aus. *a)* Mit Fluſswasser, wenn die Muyder Schleuse geschlossen, und das Leck-Wasser in den *Vreswyker-Canal* (T. 39.) ohnweit *Vianen*, eingelassen wird, von wo es in die Vecht flieſst, indem diese unter den Utrechter Schleusen gewöhnlich 3 — 4 Fuſs niedriger, als der alte Rhein in *Utrecht* oder als der Vreswyker-Canal steht. Auch aus der *Yssel* kann zu dieser Inondation das Wasser abgeleitet werden, wenn man dieselbe mit der Schleuse zu *Oudewater* staut. Im ersten Fall wird demnach das Leckwasser in die *Veght* und zu *Muyden* durch die kleine Schleuse in den *Naarder-Canal* geleitet; im zweyten führt man die Yssel durch den Canal, *Linschoote* genannt, nach *Woerden*, von da in den Rhein nach *Utrecht*, alsdann aber mittelst der Schleusen zu *Utrecht* und der *Vecht* u. s. w. auf die oben angezeigte Weise nach *Naarden*. Um aber der *Yssel* aus dem *Leck* das Wasser zuzuführen, dazu dient, wie gesagt, die Schleuse bey Klaphek oberhalb *Ysselstein*. *b)* Die aus der Suydersee kommende und von der Schleuse zu *Muyden* nach ihrem Eintritte zurückgehaltene Wassermasse kann indessen keine hohe Inondation bewirken, da bey *Muyden* die ordinaire Fluth nicht über 18 Zoll steigt, und daher muſs der *Rhein* und *Leck* vorzüglich die groſse Inondation hervorbringen, welche man mittelst einer aus einem Faschinenbau bestehenden Abdämmung an der Stromscheidung des Nieder-Rheins von der *Gelder-*

schen-Yssel (T. 14.), wie ich oben erwähnte, sehr erschweren kann. Dies kann auch wohl geschehen, wenn der Feind Herr von Wyk by Duurstede, welches ein offner Ort ist, wird; er kann nämlich die daselbst liegende Schleuse verschliefsen, folglich den Abflufs des Wassers aus dem Nieder-Rhein durch den nach Utrecht gehenden krummen Canal, der ein Ueberrest des ehemaligen mächtigen Rheins ist, nach Utrecht, hemmen: also auch die Grofse-Inondation erniedrigen. Hätte man aber das im II. Bande Seite 383 entworfene Projeckt der Ableitung des Rheins bey der Grebbe befolgt, so würde die *Grofse-Inondation* leicht unwirksam gemacht werden können, sobald der Feind Herr von den Verschanzungen der Grebbe ist.

§. 29. Ein Theil dieser grofsen Inondation kann nicht anders abgezapft werden, als nach der Einnahme von *Muyden*, *Weesep*, *Nieuwersluis*, *Woerden*, *Oudewater* und *Schoonhoven*. Der andere kann nicht früher vom Wasser befreyt werden, als bis der Feind die Posten von *Diemerdamm*, *Vinkenburg*, *Driemont*, *Loenersloot*, *ter Aa* (T. 43.) *Dodesluis* (T. 40.) und das Retranchement am *Woerdschen-Verlaat* erobert hat. Hierbey bemerke ich noch, dafs die Inondation von Naarden mit zwey auf dem *Karremerslot* östlich dem Naarder-Meer liegenden Forts gedeckt ist.

Die zugänge zu dieser *grofsen Inondation* sind: 1) oberhalb des Gooy-Landes über Naarden und längs dem Loodyk auf das Fort Uitermeer; 2) von Utrecht auf dem Vecht-Deiche bis Nieuwersluis, 3) von Utrecht auf dem Rhein-Deiche nach Woerden (Tab. 39.), 4) von Vianen und dem Vreswiker-Canal oberhalb der Höhe von Ysselstein nach Monfort auf Linschooten. 5) Längs dem Leck-Deich auf Schoonhoven und Nieuport. 6) Auf den Waal- und Linge-Deich, nach Gorkum. 7) Wichtig sind auch die Brücken und Communicationen über den Flufs, der diese Inondation durchläuft, d. i. über die Vecht. Diese sind die Aufziehbrücke über die grofse See-Schleuse zu Muyden, die Brücken zu Wesep, Hinderdamm, Vreeland, Loenen, Nieuwersluis, Breukelum, Maarsen, Zuilen und vor Utrecht die Robrugh. Bey dem Hause Nefs befindet sich eine Fähre.

Auch die Gegenden von Cuulenburg, Buuren und Vianen können unter Wasser gesetzt werden, wenn der Leck hoch steht (Tab. 36.). Es werden nämlich in den Leck-Deichen Durchschnitte gemacht, die das Wasser einlassen. Bey dieser Inondation dient der Dief-Deich zur Vertheidigungslinie.

§. 30. Eine sechste Inondation dient zur Vertheidigung von Gorkum, wodurch ein Theil des Thieler-Waards (Tab. 39.) die Gegend von Heukelum an der Linge bis Vuuren an der Waal, inondirt wird. Es mufs nämlich die Spyksche in dem Linge-Deiche liegende Schleuse und die oberhalb Gorkum (Tab. 30.) liegenden Daalemmer Schleusen verschlossen werden. Beyde Schleusen wären daher mit Batterien zu versehen, wenn der Feind anrückt, wefswegen für die Zukunft wohl nichts zu befürchten ist!

Bey Gorkum hat Holland eine der festesten Positionen, welche von dieser Festung und von den Forts Workum und Loewenstein gebildet werden, und beym hohen Stande des Lecks kann nach den auf Fig. 39. schraffirten Inondations-Linien auch ein Theil des Alblasser-Waards, von Nieupoort bis Schelluynen, überschwemmt werden. Es ist daher bey einem Einfall in Holland über die Betouwe, die Einnahme von Gorkum äufserst wichtig. An dem Fort Workum schliefst sich dann die Inondation von Altena und Heusden, welche an die Inondation bey Herzogenbusch und der Langstraat angränzt, an. Eine Position, die im Winter $179\frac{4}{5}$ schlecht benutzt wurde! Ehe ich diese Inondationen beschreibe, will ich noch bemerken: dafs die Vertheidigung Hollands ehemals gegen französische Einfälle dadurch sehr unterstützt werden konnte, dafs man die Flufsdämme, da sie zu den Marschrouten der Truppen dienen, mit verschanzten Einschnitten oder Durchgrabungen (Coupuren) versah. Sie dienen zugleich zur Durchlassung des Wassers in die innere Landschaft. Folgende sind im Jahr 1794 von den Alliirten gemacht worden: *a*) *in den Waaldeichen* (Tab. 139.) die Einschnitte 1) oberhalb Braadal, 2) unter Herwynen, 3) bey Dalem (T. 29. und 39.) *b*) *in den Deichen längs der Merwede*; 1) oberhalb Sliwyk bey *B* (T. 30.); 2) südlich Werkendamm bey C; 3) in dem Uppelshhen Seedeiche bey F drey Coupuren; *c*) *in den Maasdeichen;* 1) unter Ryswyk bey Woudrichem und 2) bey Hedikhuysen (T. 30.); *d*) *in den Leckdeichen* (T. 36.) 1) bey dem Spoel unterhalb Cuulenburg; 2) oberhalb dem Diefdeich; *e*) *in den Lingedeichen* (T. 39.) 1) im südlichen Lingedeiche oberhalb Asperen; 2) im nördlichen, nämlich am Ende des Diefdeiches; am Hoorn und unter Acquoy, so wie Asperen gegenüber. Auch der Bommeler Waard kann bey hohen Wasserständen der Waal mit Durchgrabungen der Dämme inondirt werden, wie dies denn im spanischen Kriege 1585 von dem holländischen Generale Hollac geschah, der anfänglich auf Schiffen 5000 Spanier vertrieb, aber bey Eintritt des Frostes, als die Gewässer sich mit Eise belegten, mit seinen Schiffen sich entfernen mufste.

Steigen nun die Flüsse über die Wasserflächen der Innern- oder Entwässerungs-Canäle, so werden die innerhalb der Deiche liegenden Landesbezirke überschwemmt, und indem das Wasser durch die Damm-Einschnitte (Coupuren) eindringt, wird Alles unwegsam gemacht: Inondationen, die endlich so hoch werden, dafs man mit Fahrzeugen über die sonst von den Dämmen gegen Ueberströmungen geschützten Bezirke fährt, wie dies der Fall im Winter $179\frac{4}{5}$ war; die aber auch dem Lande äusserst nachtheilig werden können, wie es damals geschah, und worüber das Nähere im I. B. S. 360 u. s. w. vorgetragen ist.

§. 31. Vor wenig Jahren waren die *holländischen Inondationen gegen Brabant* vom linkseitigen Ufer der Maas und Merwede angerechnet noch für Holland wichtig, und vielleicht können sie es auch wieder werden; indem sie aber für alle Wasserbaukundige und Militär-Ingenieurs stets lehrreich bleiben werden, so will ich sie

hier beschreiben: Die erste Inondation, welche die *Inondation von der Langstraate* heiſst, beginnt bey Gertruydenberg, wo sie eines Theils von einer Durchdämmung der alten Maas bey *a b* (T. 39.) und andern Theils von der Hagoortschen Schleuse E, die befestigt ist, bewerkstelligt wird. Im Fall daher ehemals Gertruydenberg erobert worden wäre, so würde der Feind den in der alten Maas gelegenen Staudamm leicht zerstört und die Inondation abgezapft haben. Die Holländer würden sodann die Langstraate, mittelst einigen Coupuren in den Dämmen, bey Capellen und Douvern, zu vertheidigen gehabt haben.

§. 32. An diese Inondation stöſst die von *Heusden*: sie zieht ihr Wasser durch die bey Heusden liegende Schleuse aus der Maas und wird von dem Oudheusdenschen-Zeedyk und der Keerkade *I D* Tab. 39. aufgestaut. Wäre die Langsstraate forcirt, so könnte man diese Inondation mit der Haagortschen Schleuse ablassen, welche daher sowohl als die Moerse-Vaart fortificirt werden müſste.

§. 33. Die Inondation des *Landes-Altena*, welche nur während der hohen Wasserstände der Merwede und Maas, mittelst in den Dämmen zu machender Einschnitte (Coupuren), die im §. 30. angezeigt sind, bewirkt wird, gränzt an die vorige. Die vierte Inondation gegen Brabant ist die um Herzogenbusch, (T. 39. u. 34). Sie wird von den Flüssen Dommel und Aa, mittelst Verschlieſsung der Schleuse im Fort Crevecoeur, der in Herzogenbusch liegenden Schleusen und endlich mit einem in der Mündung des Baartwykschen Ueberlasses von *A* nach *B* (Tab. 39.) anzulegenden Damme gebildet. Diese zur dürren Jahreszeit nur in *einigen* Monaten zu bewirkende Inondation wäre daher schon im März und April zu machen gewesen, wenn der Einfall des Feindes im Sommer wahrscheinlich war. Sobald der Feind Sprang und Drunen inne hat, kann sie bis Dentern abgezapft werden; weſshalb das bey Waspik liegende alte Retranchement *I* im Jahre 1794 hätte wiederhergestellt seyn sollen. Diese Inondation um Herzogenbusch (T. 34.) hat folgende Forts: als das Fort Isabelle, Antoni und Orthen. Zwischen dem letztern Fort und dem Dorfe Dentern wird die Inondation von der Aa bis zum Canal oder Fluſs *Diezen* nur alsdann bewirkt, wenn die Schleusen von Crevecoeur geschlossen sind, der Fluſs *Diesen* aber zugedämmt ist. Zwischen der ehemaligen Schanze Pettelaar und der Festung geschieht die Inondation von der Aa und Drommel, welche Bäche die Stadtschleusen aufstauen. Uebrigens ist der Besitz von Herzogenbusch für den, der Holland inne hat, von der äuſsersten Wichtigkeit, weil es, wie wir gesehn haben, die beschriebenen Inondationen am linken Ufer der Maas beherrscht, und mit Breda, Gertruydenburg und Willemstadt eine sehr feste Position bildet.

Die letztere *Inondation gegen Brabant* wird gemacht, wenn der Fluſs Rosendaal, ohnweit Houtersgat, zugedämmet ist. Vor und in der Nähe der Festung Gertruydenberg (Tab. 39.) läſst sich die Inondation zur Fluthzeit mit dem Wasser des Biesbosches formiren; wenn nämlich die Schleuse am Oostenhoutsen-Damme geschlos-

sen und in dem Flüfschen Donge eine Verdämmung gemacht ist. Abgezapft kann sie aber werden, sobald das bey Houtsen-Akken (les Camps de Hout) die Redouten bey Stellhoven und beym Oostenhoutsendamm, in den Händen des Feindes sind.

§. 34. Wenn ehemals die meisten der beschriebenen Inondationen nicht in Wirksamkeit gesetzt wurden, weil gewöhnlich, selbst auch im Kriege, von manchen kriegführenden Mächten, ein kleiner Verlust, der für den Landmann und Städter aus solchen Ueberschwemmungen entsteht, höher als der Verlust des Landes und der Sache, die man mit Blut und Leben vertheidigt, geachtet wird: so blieb dann am Ende, z. B. beym Einrücken der Preufsen, noch die Inondation der Gegend um Amsterdam übrig. Sie wird von der grofsen in Amsterdam auf der Amstel liegenden Schleuse, welche diesen Flufs sperrt, bewirkt. Damit diese Inondation in die hinter den Amsteldämmen liegenden Bezirke eintrete, werden die an diesen Dämmen angelegten kleinen Entwässerungs-Schleusen geöffnet. Dann öffnet man auch die Schleuse auf der Mye (Tab. 40.), welche nicht weit vom Rheine liegt, so wie die Dodesluis (Tab. 42.) und das auf der Gregt liegende Woerder-Verlaat, wenn es der Stand der Inondationen erfordert: denn die Canäle von Amstelland stehen zuweilen 1 ½ Schuh höher als die Canäle von Rheinland.

§. 35. Wenn man die Natur und Beschaffenheit dieser künstlichen Inondationen Hollands mit Aufmerksamkeit betrachtet, so mufs man überzeugt werden: dafs die ehemalige Republik, wenigstens so lange ein anhaltender Frost, bey dem alle Gewässer gefroren waren, nicht eintrat, bey einer muthvollen Vertheidigung, gegen Angriffe von der Landseite und bey dem Umstande, dafs die Feinde von den Mitteln, die uns die Wasserbaukunde zur Schwächung dieser Inondationen darbietet, entblöfst waren, indem gewöhnlich die Militär-Ingenieurs in diese Wissenschaft nicht eindringen, unüberwindlich war, wenn sie von ächten Patrioten regirt, und von klugen und ehrlichen Feldherrn vertheidigt wurde. Wird Holland gehörig vertheidigt, und sind seine Gewässer nicht gefroren, so kann man darin nie etwas ausrichten, wenn man nicht mit den Einfällen nach Amersfoort und Arnheim oder von Brabant und Cleve aus, Landungen zwischen dem Hoek von Holland und Haag, ohnweit Haarlem und Muyden, verbindet; auch an der See-Mündung des Texels eine Landung unternimmt, die hier jetzt wegen den daselbst angelegten Forts, die ich bereits in der ersten Auflage 1807 vorgeschlagen hatte, und die vor einigen Jahren angelegt sind *), nicht mehr bewerkstelligt werden kann, sondern südlicher statt finden müfste. Im Jahr 1794 machten auch die Russen und Engländer eine Landung, die ohne

*) Ich sagte nämlich im dritten Bande der ersten Auflage Seite 252: »Immer bleibt der Helder ein äufserst wichtiger militärischer Punct für Holland, und da Küsten-Batterien und kleine Redouten niemals eine hinreichende Defension gegen Kriegsschiffe ausmachen, so werden, nach meiner Ueberzeugung, *südlich dem Dorfe Helder zwey bedeutende Forts und bey Sand und Coolandsog* (zur Verhütung des Vordringens eines am Helder gelandeten Feindes) *eine militärische Linie, d. i. Retranchement nothwendig.*

Zweifel vom besten Erfolge gewesen seyn würde, wenn sie nicht blos am Helder, sondern zugleich nördlich dem Hoek van Holland (Tab. 40.) ausgeführt worden wäre, indem alsdann die Landungs-Armee auf den Haag, Rotterdam und Gorkum hätte losgehen und beyde Corps sich vor Amsterdam, — welches von flachen vom Maarsdiep ausgehenden Schiffen im nämlichen Augenblicke beschossen werden mufste *) — vereinigen konnten. Auf diese Weise würde die damals zu Haag residirende Versammlung aufgelöfst und jeder von Frankreich anrückende Succurs zurück gewiesen worden seyn, indem so die Waal, Merwede und Maas besetzt waren, und derselbe um so gewisser vereitelt worden wäre, wenn man einen Angriff zu Wasser, von den Seemündungen, Bieningen, Haringvliet, Hollandsche-Diep und Kramer (Tab. 46.) aus; ferner auf die Insel Flaquée, auf Helvoet und Willemstadt, gemacht hätte. Diese Expedition wäre auf solche Weise höchst wahrscheinlich ausführbar gewesen, wenn die Landungsarmee ein gröfseres Corps ausgemacht und wenn England die wahre Stärke derselben zu verbergen gewufst hätte! Die Expedition vom Jahr 1798 bewies daher, dessen ich längs mit Hülfe meiner Localkenntnifs überzeugt war, dafs jede Landung auf einem Punkte ein sehr unglückliches Unternehmen ist und stets seyn mufs, ja dafs die folgenreichsten Unternehmungen öfters gegen alle Localität begonnen werden. Wahrlich es ist sonderbar, dafs die meisten Feinde Frankreichs bis 1812 ohne Genie handelten und ihm den Sieg erleichtern; dafs defswegen Ströme von Blut vergossen wurden, und nur das Unglück, endlich Männer von Talente und Kraft zu wichtigen Stellen erhob und die Nationen selbst aus ihrer Apathie rifs. Wer also ehamals gegen Holland (zur Zeit, wenn die Gewässer nicht gefroren waren) mit Glück agiren wollte, mufste die grofse Militärische Inondation mit den vorhererwähnten und vorzunehmenden Landungen umgehen, und so die reichsten Städte, entweder in sein Interesse ziehen, oder mit Gewalt einzunehmen suchen. Möge dieses von einer geschäftigen und biederen Nation bewohnte Land, nie wieder in Kriege verwickelt werden und möge dieselbe sich bald wieder zu ihrem ehemaligen Flor erheben, wozu die durch Erfahrung und wissenschaftliche Kenntnisse begründete Behandlung des holländischen Wasserstaats wesentlich beytragen kann!

*) Man hätte damals mit einer Compagnie auf den Inseln Vlieland und Terschelling landen können und so sichere Operationspunkte für eine in der Südersee und vor Amsterdam zu operirende Flotille gehabt. Auf der Insel Terschelling ist daher immer noch ein kleines Fort nothwendig.

ZEHNTE ABTHEILUNG

DER

WISSENSCHAFT DES WASSERBAUES.

BRÜCKENBAUKUNDE.

ERSTES KAPITEL.

Von dem Nutzen der Brücken im Allgemeinen, von den Fortschritten der Brückenbaukunde; den Haupterfordernissen gut angelegter Brücken; von dem Gange, den die Brückenbaukunde genommen hat; von ihrer Würdigung bey aufgeklärten Völkern, und von den Mitteln zu ihrer Erbauung.

§. 1.

Die *Brückenbaukunde* ist eine der nützlichsten und nothwendigsten Abtheilungen der *Wasserbaukunst:* denn sie bereitet, über Abgründe und Gewässer, dem täglichen Verkehr, sichere Wege; kein anderes Bauwerk kann demnach die Dankbarkeit des Volks gegen seine Regierung kräftiger in Anspruch nehmen: als eine *bequeme, schöne* und *dauerhafte Brücke!* Daher ziehen grofse aus weiten Bögen kühn erbaute Brücken die Aufmerksamkeit und Theilnahme aller verständigen, den Ruhm liebenden, und das allgemeine Befste befördernden Regierungen und jedes denkenden Reisenden auf sich. Je aufgeklärter ein Volk ist, je mehr sein Vaterland grofse Flüsse zählt und Männer besitzt, die den *Brückenbau in seinem ganzen Umfange verstehen,* destomehr wird eine kluge Regierung sich für seine zweckmäfsige Ausführung, nicht blos interessiren, sondern ihn mit Energie befördern; der General, welcher grofse und schöne Brücken, ohne durch unvermeidliche Umstände genöthigt zu seyn, auch nur theilweise zerstört, dem bleibt die rasche That ein Vorwurf bey Zeitgenossen und Nachkommen.

Seitdem die Wasserbauwissenschaft sich zu einer gewissen Höhe gehoben hat, und der Brückenbau zu einem Grade von Vollkommenheit, die den frühern Jahrhun-

derten fremde war, gediehen ist, haben sich alle cultivirte Nationen bemüht: dauerhafte und geschmackvolle Brücken aufzuführen. Wer auch nur einigen Sinn für das Schöne und Erhabene hat, der mufs einsehen: dafs die aus grofsen Bögen bestehenden Brücken, von welchem Materiale sie auch erbaut seyn mögen, eine Landschaft verschönern, die Fortschritte des Wissens in einem Lande ankündigen; zugleich die angenehmsten Gefühle erwecken, indem sie eine Landschaft kühn umwölben, während darüber die schwersten Lastwägen sich hintereinander sicher fortbewegen, unter den Bögen aber die Schiffe ihre Fahrt verfolgen, und der Strom ungehindert abfliefst, ohne eine für die Uferlande verderbliche, von engen Bögen und Jochbrücken gewöhnlich bewirkte Anschwellung zu verursachen.

§. 2. Weder die *Griechen* noch *Römer* haben uns grofse und breite, aus flachen und gedruckten Bögen bestehende, mit schmalen Pfeilern versehene und geschmackvolle, aber zugleich kühne Brücken, hinterlassen. Nur diejenigen Personen, welche blindlings das Alte bewundern, den Producten unserer Zeit — sey es aus Neid, Mangel an Patriotismus und Einsicht, oder aus Stolz, den neuen und besonders den von lebenden Ingenieurs aufgeführten Bauwerken, nicht Gerechtigkeit widerfahren lassen, werden die von den Römern erbauten Brücken, über die im vorigen und in diesem Jahrhundert aufgeführten, erheben. Ich sage dies nicht, um dadurch dem Sinn der Alten, für das Grofse und Nützliche, Eintracht zu thun: denn lange Brücken und hohe Aqueducte haben die Römer aufgeführt, aber wie gesagt, nicht kühn gewölbte noch grofse Bögen, und keine ihrer Brücken ist mit jenen von Mantes, Neuilli oder Orlèans zu vergleichen! Aus Kreisstücken bestehende kleine römische Brücken treffen wir in Vicenza bey Rimini: prächtige römische, aber nicht aus kühn gewölbten und grofsen Bögen bestehende Aqueducte, stehen ohnweit Nismes und Lyssabon (Tab. 132.); besonders ist der letzte Aqueduct seiner Höhe und der schmalen Pfeiler wegen, die sich zu der Bogenöffnung wie 1 : 6 verhält, merkwürdig. Dieses Verhältnifs findet auch bey dem von den Gothen ohnweit Spoletto aufgeführten Aqueduct statt. Indem diese Werke also bey ihrer aufserordentlichen Höhe dünne Pfeiler haben, würden sie zu den kühnsten Gewölben gehören, wenn sie nicht aus gothischen Bögen, deren Seitendruck geringe ist, beständen, und dann sind sie nicht für das Fuhrwesen bestimmt. So hat z. B. die Brücke in Rom von Aelius, das ist die Engelsbrücke (Tab. 125.) drey Bögen, jeden aber nur von 56 Schuh; die von Ferrato einen Bogen von 72 Schuh, und die von Fabricius oder Quatro-Capi zwey Bögen, jeden von 78 Schuh Oeffnung, und diese Brücken sind blos nach einem Halbkreise construirt. Die gröfste Brücke des Alterthums war die von Terni über die Nera, ihre Bögen bestanden gleichwohl nur aus Halbkreisen. Grofs war auch die dem Kaiser Trajanus zugeschriebene bey Salamanca über die Torme aus 26 Bogen bestandene Brücke, wovon nur die Ruinen stehen, und jeder Bogen soll eine Weite von 72 Schuh gehabt haben. Auch von der ersten sind nur noch Reste vor-

handen, und wer bürgt uns für die Aechtheit der Angaben von diesen Werken des Alterthums, die öfter übertrieben sind, wie die von der Brücke Trajans über die Donau beweisen! Kurz das Alterthum hat nicht grofse flache oder gedruckte Brückenbögen aufzuweisen, deren Ausführung so kunstreich ist. Freylich hatten weder die Griechen noch Römer in der Nähe ihrer Hauptstädte, wo sie die grofsen Werke der Baukunst aufführten, bedeutende und reissende Flüsse, noch war bey ihnen die angewandte Mathematik und die Theorie der mechanischen Wissenschaften so wie bey uns cultivirt. Kein Wunder daher! wenn sie grofse flache Bögen aufzuführen nicht bemüht waren.

Was uns *Dion* und seine Nachbeter von der unter *Trajan* in *Pannonien* oder Dacien, über die *Donau* ohnweit *Nicopolis*, erbaueten steinernen Brücke erzählen, ist fabelhaft; nach ihm soll diese Brücke zwanzig aus Werkstücken aufgeführte 60 Fufs dicke und 150 Fufs hohe Pfeiler, und 170 Fufs weite Bögen gehabt haben. Sie bestand aber nur, ausser den massiven Pfeilern, aus einem bogenförmigen Zimmerwerk; so ist sie nämlich in den um die Säule von Trajan zu Rom gehenden Basreliefs dargestellt. Wenn man nach dieser Abbildung die Verhältnisse der einzelnen Theile betrachtet, so ist es klar, dafs ihre Pfeiler höchstens zehn Fufs dick gewesen seyn müssen, auch zeigen ihre unbedeutenden in der Donau vorfindlichen Reste, dafs sie nicht so grofse Bögen (von 170 Schuh) tragen konnten. (Montfaucon Tome 4. pag. 186) Die drey in einem Abstande übereinander bey den Pfeilern sich an einem hölzernen schräg stehenden Ständer stützenden, in drey Hängesäulen eingelassenen, und nach einem Bogen geformten Balken, konnten nicht aus gekrümmten Holze zusammen gesetzt seyn, weil die Höhe des Bogens, im Verhältnifs seiner Weite, so grofs ist, dafs es unmöglich war, die Hölzer so stark zu krümmen; die Bogenhöhe verhält sich nämlich zur Oeffnung des Bogens, wie 1 zu 5. Nach meiner Erfahrung kann dieses Verhältnifs, selbst bey Nadelhölzern, nicht das von 1 : 8 übersteigen, wenn nicht die Hölzer, während dem Krümmungs-Manövre brechen sollen. Ferner bestehen, nach diesem Basrelief, die Stütztheile einer Oeffnung, an jeder Seite, nur aus drey Ständern, so, dafs man darin nicht grofse hölzerne Bögen einspannen kann, die, ohne in dem Basrelief nicht verzeichneten Schwellen, in der lothrechten Ebene gar nicht zu halten sind. Auch ist diese Construction so leicht und so wenig dauerhaft, dafs grofse Pfeiler mit ihr im Widerspruch stehen, daher mochte es dem Kaiser *Hadrian*, *Trajans* Nachfolger, leicht seyn, die Bögen abzunehmen, welches geschah, um den Uebergang der Feinde über die Donau zu verhindern. Ich glaube daher, dafs man in jedem Pfeilerfelde drey zusammen geschiftete krumm gehauene Hölzer, in der Mitte, mit der in dem Basrelief angegebenen Hängesäule verband. Hätte Gauthey, bey Abfassung seines Traité de la Construction des ponts 1809, die Basreliefs der trajanischen Säule, worauf die Siege Trajans über die Dazier abgebildet sind, gesehen, so würde er die ungeheure steinerne Brücke in seinem Werke

durch die darin gelieferte Umrisse für die Brücke Trajans nicht ausgegeben haben: diefs ist ihm um so weniger zu verzeihen, da er nach seinem Geständnifs, Schramms-Schauplatz der merkwürdigsten Brücken benutzte, worin diese Brücke (nach diesem Basrelief) richtig in Kupfer dargestellt ist. Rondelet hat in seinem Traité théoretique et practique de l'art de bâtir Tom. IV. pag. 307. diese Brücke ziemlich so gegeben, wie sie Piranesi in der Abzeichnung der Basreliefs darstellt, und ich hatte zuvor im Traité contenant une partie essentielle de la science de construire les ponts etc. pag. 2. den von Dion, über das Colossale dieser Brücke verbreiteten Irthum aufgedeckt, nachdem ich die von Piranese herausgegebene Basreliefs durchgesehen, um die Brücke von Trajan daraus kennen zu lernen.

Wir werden also überzeugt, dafs das Alterthum keine Brücke von der Gröfse, wie unsere Zeit, aufzuweisen habe. Dennoch sind die Engelsbrücke, die von Ferrato, und besonders die von Fabricius oder Quatro Capi (T. 125.) in Rom, ihrer Stärke wegen, merkwürdig; die letztere, so wie die von den Römern zu Cremera (T. 129.) erbaute Brücke ist es auch in Hinsicht der aus verkehrten Bögen bestehenden Fundamente.

§. 3. Auch die Oeffnungen in den Pfeilern (Brückenaugen), um dadurch den Hochgewässern einen Abflufs zu geben, oder den Druck, d. i. die Last der Gewölbschenkel auf die Pfeiler, zu vermindern, ist vielleicht eine Erfindung der Römer, wie dieses die obige Brücke, und die von Ferrato beweisen; späterhin hat man sie bey der Brücke von St. Esprit 1285, und von Toulouse 1543 angewendet; auch die Brücke von Weimar und mehrere Brücken (Tab. 129.) haben solche Oeffnungen in ihren Pfeilern. In China bringt man diese Oeffnungen gleichfalls an, wie die Brücke von Fouyang-heem (T. 130.) zeigt. Die Brücke von Janiculus, wie sie auf Münzen abgebildet ist, hatte mit dieser chinesischen Brücke viel ähnliches.

§. 4. Die sogenannten Kuhhörner (cornes de vaches ou vousures) oder Ausschnitte an den Seiten der Stirnbögen treffen wir bey den Brücken von Pont-Neuf, von Neuili, Gignac, und an noch einigen neuern, aber an keiner aus dem Alterthum an; ich habe sie bey der Münchener im Bau begriffenen, so wie bey dem Entwurfe zu der bey Ulm vorgeschlagenen Brücke (T. 130.) angewendet! Sie geben den Bögen ein leichtes Aussehen, und lassen die Eisschollen, so wie das Treibholz und den Strom freyer abfliefsen, als die mit scharfen Kanten versehenen Bögen. Anfänglich construirte man also die Brückenbögen aus Halbkreisen und aus kleinen Kreisstücken; im dreyzehnten Jahrhundert wurden die Bögen der zwey gröfsten Brücken, aus grofsen Kreisstücken gebildet, nämlich der Brücke von Guillottiere und von St. Esprit (T. 129.); späterhin und früher wendete man auch gothische Bögen, wie bey der gedeckten Brücke zu Pavia (Tab. 129.) geschehen ist, an.

Die der Ellypse ähnlichen Korbbögen wurden zuerst in Italien, und zwar bey der Brücke St. Trinita zu Florenz i. J. 1251 ausgeführt; in Frankreich sind dieselben

anfänglich bey den Brücken von Castellane über den Verdon 1504; von Chatellerant über die Vienne 1506; von Touluse 1540; der Brücke Royal 1684 in Paris, und von Compiegne 1733 (T. 129.) angewendet. Bey einigen Brücken kehrte man die Elypse um, so, daſs der Bogen sich der gothischen Bauart oder der Kettenlinie näherte. Mehrere Brücken geben in diesem Werke hievon Beyspiele, und besonders ist diese Construction in England beliebt. Dieser Form folgten die sehr flachen Kreisbögen, nachdem die wenig flachen Bögen die kaum zu $\frac{1}{3}$ gedruckt waren, wie bey den Brücken von Guillottiere und St. Esprit Tab. 129. ein groſses Mauerwerk in den Gewölbschenkeln erforderten, und der Bogen seiner bedeutenden Höhe wegen, gesenkt werden muſste, folglich den Abfluſs des Wassers hemmte.

In der neuesten Zeit hat man in Frankreich und Spanien (im Gegentheil) einige Kreisbögen zu flach gemacht, wie die Brücken la concorde zu Paris, zu Maixence, Nemours, Pontoise, Pesmes über den Ougnon Tab. 129., die Brücke zu Valencia und mehrere, beweisen: denn ihre Bögen haben sich bedeutend gesetzt; ja die Setzung des flachen Bogens der Brücke beym Hafen Piles war sehr beunruhigend.

§. 5. Die Pfeiler der Brücken machte man ehemahls fast immer von ungeheurer Dicke, d. i., zwischen der Hälfte und $\frac{1}{3}$ der Bogenweite, bis sie Voglie bey der Brücke Fouchard, und Perronet bey der Brücke von Neuilli auf $\frac{1}{9}$, bey der Brücke von Concorde auf $\frac{1}{10}$ der Bogenweite verringerte. Man vergröſserte am Ende des vorigen Jahrhunderts die Bogenöffnungen, ohne die Höhe des Bogens oder der Gewölbsteine gegen die ehemaligen kleinern Brückenbögen zu vergröſsern, und Perronet bestimmte die Stärke der Pfeiler zu $\frac{1}{12}$ der Bogenöffnung. (Pag. 3. seine Oeuvres.) Man behandelte jetzt den Bau der Brücken wissenschaftlich! So hat also die Brückenbaukunde in den neuern Zeiten auſserordentliche Fortschritte gemacht, besonders sind die Gründungs-Methoden der Pfeiler, sehr vervollkommnet worden.

§. 6. Unter allen Bauwerken sind die hölzernen-eisernen-steinernen groſsen Bogenbrücken deſswegen zum beschwerlichsten auszuführen, weil die unvorhergesehenen Anschwellungen der Gewässer, die Fundationen, Gerüste, Maschinen, die Construction der gezimmerten eisernen und gewölbten Bögen, die genaue Zusammensetzung aller Theile, die Seltenheit groſser und fester Steine, Schwierigkeiten erzeugen, und nicht nur ein emsiges Studium und viele eigene Erfahrung nothwendig machen, sondern auch die Bekanntschaft mit den bisher erbauten Brücken und den Methoden, wie die merkwürdigsten ausgeführt wurden, öfters auch einen schnellen Entschluſs zu den bey Hochgewässern anzuwendenden Maaſsregeln, wegen des Baues, und reife Ueberlegung, welche Arbeiten man in gewissen Jahreszeiten vornehmen will, erfordern.

Demjenigen Ingenieur, welcher viele Bauwerke an mehreren Orten zugleich dirigirt, überdieſs in einem groſsen Wirkungskreis steht, ist die Direction von groſsen Brücken

öfters die Quelle von Verdrufs: eine schöne Belohnung seiner Anstrengungen! Er kann nicht überall gegenwärtig seyn, mufs also das Talent besitzen: die Auswahl folgsamer und erfahrner Aufseher, bey grofsen Brücken, eines geschickten thätigen entschlossenen und mit practischer Vernunft und Genie begabten Ingenieurs treffen zu können und diesen ihren Zustand, ohne dafs sie darum nachsuchen, verbessern; ihn hierin beschränken, hiefse den Ränkeschmieden das Feld räumen. Leider wird er aber auch in den Fall gesetzt, die Kabale, welche nur zu sehr von manchen Gewalthabern beschützt wird, zurück zu schlagen, wenn gleich sein Posten bedeutend ist. Nur Festigkeit des Charakters, unaufhörliche Anstrengung im Dienste, Rechtschaffenheit und Kenntnisse werden ihn schützen, denn nie verlasse er sich auf die Gunst der Grofsen und Mächtigen! Er mufs seinen Feinden frey unter die Augen treten; aber alles dieses kann ihn für die Welt nicht lange erhalten, wenn er ein reizbares Temperament hat, also alle Hindernisse, die man seinen patriotischen Absichten seiner Strenge im Dienste, und der Ausführung seiner Plane entgegen setzt, tief fühlt; glücklich der Ingenieur, welcher dieser Gemüthsstimmung Meister wird. Zuweilen versagt die Regierung mitten in der Arbeit die nöthigen Hülfsmittel, und das Publikum verlangt von ihm zugleich ihre schnelle Betreibung! Endlich ist noch zu erwägen, dafs der Strom und Eisgang die tägliche und gewaltsame Benutzung, so wie die Witterung und das auf die Fahrstrafse gefallene Regenwasser, die Brücken zu zerstören trachten; ja, dafs die mit dem Lauf eines bedeutenden Flusses vorgegangene Veränderung dem Angriff des Stromes und der Eismassen gerade auf ein Widerlager oder auf diesen oder jenen Pfeiler anführt, wiewohl die Brücke ursprünglich rechtwinklicht auf die Richtung des Stromstriches gelegt war. Solche mit dem Flufs vorgegangene Veränderung kann zuweilen aus Mangel an Mitteln, aus Verfolgung des Wasserbau-Departements, nicht verbessert werden; andern Theils wird sie auch von den Nachfolgern des Ingenieurs, welcher die Brücke erbaute, gleichgültig behandelt, und es werden keine Maafsregeln dagegen getroffen, blos um das Verdienst des Erbauers zu schmälern. Ich kann nicht läugnen, dafs ich selbst befürchte, man werde manche meiner Anlagen, nach meinem Tode, absichtlich zu Grunde gehen lassen; ich glaube daher, durch diese Zeilen auf diesen Gegenstand aufmerksam machen zu müssen.

Bey dem Bau der Brücken tritt auch noch eben das ein, was bey den übrigen Wasserbauten erfolgt: sind sie vollendet, so erkennet man nicht den hundertsten Theil der Schwierigkeiten, womit ihr Erbauer gekämpft hat; weder die Fundationen, noch die verschiedenen Vorkehrungen und Maschinen, welche zur Erreichung des Zweckes angewendet wurden, sind sichtbar! Es ist daher einleuchtend, dafs auch in der Brückenbaukunde, die Erfahrung, welche andere und wir selbst gemacht haben, die Hauptrolle spielt, und dafs der Schriftsteller, welcher sie erweitern will, das Gebiet der Erfahrungen bereichern mufs.

§. 7. Die Haupterfordernisse oder Eigenschaften einer grofsen Brücke bestehen nun darin: 1) dafs die dabey angewendete Construction die geringste Körpermasse (bey Anwendung sonst gleicher Arten von Materialien) erfordere, und 2) die gröfsten Bogenöffnungen, deren man sich bedient, zulasse; *) 3) dafs die Brücke dem Strome und den Eismassen die möglichst geringsten Angriffsflächen entgegen setze, folglich grofse Bögen und kleine Pfeiler habe; 4) der Schiff- und Flofsfahrt kein Hindernifs und von langer Dauer sey; 5) den Strom und Eisgang so wie das Treibholz frey durchlasse, folglich ihre Joche oder Pfeiler in der Richtung des Stromstriches stehen müssen; **) 6) dafs sie die Landschaft verschönere; 7) eine bequeme Auffahrt und eine hinreichende Breite habe, und 8) einer verständigen, den aus der Anlage öffentlicher Werke entspringenden Ruhm liebenden Regierung nicht unwürdig sey. Man sollte daher, selbst den hölzernen Brücken, weite Oeffnungen, wo es aber seyn kann, steinerne Pfeiler, anstatt der hölzernen Joche, geben, und stets die Regeln der Wissenschaft mit dem Aestetischen verbinden.

Die Breite der Brücken richtet sich nach der Frequenz des Fuhrwerkes, so wie nach der dieselbe täglich passirenden Volksmenge, die Brücken sollten selten oder nie schmäler als 22 Fufs, und nicht breiter als 42 Fufs gemacht werden, weil sie im ersten Fall zum bequemen Ausweichen nicht breit genug, und im zweyten unnöthig kostbar werden. Die Auffahrt nach der Brücke sollte nie mehr als zwey Zoll, der Brückenweg nur einen Zoll auf die Klafter steigen, und die erstere sollte bequeme Wendungen oder Plätze nach den verschiedenen Gassen und Landstrafsen, nach welchen sie führten, darbieten; aber die Trottoirs sollten horizontal seyn, und defswegen am Ende Stuffen erhalten. Oefters ist man genöthigt, mit dem Stande der Brücke ganz von dem ehemaligen abzuweichen, um die Umgebungen zu verschönern, die Brücke perpendikulär auf die Richtung des Stromes zu stellen, um bequeme Auffahrten und Zugänge zu erhalten, wie Perronet bey allen seinen Brücken, und ich selbst gethan. Zuweilen bricht man neue Strafsen zu diesen Behuf durch, wie bey den

*) Die Gröfse der gesammten zwischen den Jochen oder Pfeilern stehenden Oeffnungen werde nach dem Mittel einiger zwischen parallelen und die höchsten Wasserstände übersteigenden Ufer, daselbst, wo der Flufs ein hinreichend tiefes Fahrwasser hat, und in seinem Bette weder Inseln noch Sandbänke liegen, genommenen Querschnitten bestimmt, I. B. S. 214., und für die Aufstauung an den Pfeilern und Jochen mag $\frac{1}{20}$ der Oeffnungen hinzugerechnet werden, oder diese Weite werde zwischen den Umgebungen der Pfeiler oder auch den bemerkten Puncten des Bogens angenommen.

**) In der Regel sollten also die Anfänge der Bögen, dem höchsten Wasserstande gleich liegen; aber diese Regel ist nur selten, selbst bey flachen Bögen, erreichbar; da wir bey bereits vorhandenen Städten und Ortschaften Brücken anlegen müssen; es ist nämlich die Lage der Gebäude und Gassen gewöhnlich zu niedrig. Der Fahrtweg der Jochbrücken sollte indefs immer 3 Fufs über den höchsten Wasserstand liegen, und die Anfänge der Bögen sollten niemals höher, als 1/3 von der Bogenhöhe bespühlt werden, weil sie sonst die Stromsection zu sehr beschränken, und eine nachtheilige Aufstauung oder eine Inondation des Stromes und der Eismassen bewirken, oder auch für die Schifffahrt gefährlich sind.

Brücken von Nantes, Orléans, Moulins und bey mehrern Brücken geschehen; endlich legt man dabey öffentliche Plätze zum Vergnügen oder zum Verkehr des Publikums an, wie ich bey der steinernen Brücke von München und Ulm in Vorschlag gebracht habe. Die Versetzung einer Brücke wird noch durch Auffindung eines festen Bodens (in Hinsicht der Fundirungen) gerechtfertigt. Aus allem diesem geht hervor, daſs sich über diese Gegenstände keine allgemeine Regel vorschreiben läſst, sondern nur gewisse Momente angedeutet werden können, dem Genie und den Kenntnissen des Ingenieurs aber überlassen bleiben muſs, alle Local-Eigenschaften und die wissenschaftlichen Bedingungen gehörig zu combiniren, um die zweckmäſsigsten Maaſsregeln zu bestimmen. Ich werde jedoch auf diese Gegenstände noch einmal zurückkehren, und einige davon durch Beyspiele näher erörtern.

§. 8. Die Brückenbaukunde hat den Gang aller übrigen Erfindungen genommen; anfänglich war sie roh und unbeholfen. Alle Völker Europens construirten ihre Brücken zuerst von Holz aus Pfahlreihen, aus wenigen Pfählen, worauf eine Kronschwelle liegt, die mit den Straſsenträgern beschwert wird, welche man mit Strauchwerk und Erde bedeckte. Solche aus vier bis sechs Pfählen bestehenden Joche, wovon die Ende-Pfähle schräge eingeschlagen sind, treffen wir noch gegenwärtig bey einigen Gemeinde-Brücken über die Donau in Baiern, und in Mähren über den Marchfluſs. Das Profil einer aus sechs Pfählen bestehenden Pfahlbrücke, wie sie über die Donau bey Vilshofen, Deggendorf und andern Orten, von Communen, erbaut sind (Brücken, die vor dem Eintritt des Eisganges abgetragen worden), ist in Fig. VII^{b} Tab. 119. dargestellt. Eine Construction, welche der vom *Caesar* gewählten, wonach er über den Rhein eine Brücke erbaute, sehr ähnlich ist, so, daſs dies Profil von der so oft von den Schriftstellern angeführten Brücke eine Vorstellung giebt. Die Chinesen wählten zu den für Fuſsgänger und Saumthiere über Abgründe bestimmten Brücken, das Bambusrohr, dann Seile und endlich Ketten, die sie an vertikal aufgerichtete und in die Erde eingegrabene Gerüste befestigten, worüber sie blos eine Communication von einem Ufer zum andern, bereiteten; Brücken, die einen verkehrten oder schwebenden Bogen bilden. Bey vielen ihrer steinernen Brücken sind in der untern Gewölbfläche horizontal gelegte Steine eingelassen, welche die durchlaufenden Gewölbstein-Reihen mit einander verbinden. Diese Construction ist der sicherste Beweis davon: daſs die Chinesen im Bau groſser Gewölbe und Brücken bey weiten gegen uns zurück sind.

Zum Uebergang der tiefen Thäler für Menschen und Lastthiere haben die *Peruaner* von Baumrinde gemachte Seile gebraucht, und diese an Bäume oder Felsen befestigt. Diese Brücken erhielten also eine umgekehrte Bogenkrümmung; aber diese Völker, so wie die *Perser* haben auch, wenn wir den Reisebeschreibern Glauben beymessen, ungeheuer groſse steinerne Brücken, mit Spitzen und geschweiften Bögen; diesen geschweiften Bogen könnte man den persischen nennen, weil sogar die

Fenster - Oeffnungen des Kaiserlichen Pallastes darnach gewölbt sind. Von den persischen Brücken sind die von Jspahan über die Zenderouth, von Fochen, von jenen; die Brücken von Loyanz von 300 Bögen, von Marabum, von Fontcheon die merkwürdigsten Brücken, welche in Schramms Schauplatz aufgenommen sind; sie können aber mit den neuern Europäischen nicht verglichen werden, und diese Zeichnungen sind aber, meines Wissens, nicht durch neuere Reisende bestätigt worden, und ich bezweifle ihre Aechtheit.

Auch in *Amerika* hat man Kettenbrücken. Es ist so eine in dem Staate Massachusets über den 244 Fuſs breiten Fluſs Merrimak errichtet. Zu den Anhaltpuncten sind hohe Mauern aufgeführt; daran ist das Traggerüste angebracht; fünf Ketten sollen diese Brücke in der Breite bilden. Daſs darüber Lastwägen in Trott fahren, wie eine Nachricht sagt, möchte ich bezweifeln, denn die Ketten können unmöglich so gespannt werden, um nicht sehr bedeutend zu schwingen.

Andere Nationen wählten zu ihren groſsen Brücken *Flosse*, wie z. B. die *Russen* und *Schweden*, indem sie mehrere starke Rundhölzer oder Flosse übereinander legten, welche Arten noch jetzt bey *Stockholm* und *Riga*, so wie über viele Flüsse Ruſslands, in Gebrauch sind, indem die, groſse Eismassen führenden Flüsse, dieses Reichs, keine andere als weite Bogen dulden würden, mit denen die Russen, aus Mangel an Steinen, nicht bekannt sind, und meine für dieses Reich, wo das Holz und Eisen wohlfeil ist, vortheilhafte Erfindung, aus gebogenen Balken oder eisernen Röhren, groſse Oeffnungen zu construiren, noch zu neu ist.

Im sechszehnten Jahrhundert fieng man an, die hölzernen Brücken zu verbessern, und nachdem man alle in öffentlichen Straſsen gelegenen stets mit gehauenem Holze oder Bohlen bedeckt hatte, wendete man jetzt Sprengwerke und endlich Hängewerke an, womit groſse Jochweiten überspannt wurden, endlich sind seit 1807 in Baiern die hölzernen Bogenbrücken eingeführt worden.

Eiserne - Brücken sind zuerst in Frankreich vorgeschlagen, aber in dem letzten Drittel des achtzehnten Jahrhunderts in England eingeführt worden; anfänglich von geschmiedeten, dann von gegossenem Eisen, und ich mache die Bögen aus eisernen Röhren, nachdem ich diese Construction durch Versuche begründet habe.

Die Holländer, als eine Schifffahrt treibende Nation, wählten bey ihren groſsen Flüssen, des Eisganges wegen, *Schiffbrücken*, einfache *Fähren*, oder *fliegende Brücken*, d. i. aus zwey Barken oder groſsen Pontons bestehende Fähren (Tab. 132.), und nur über die Amstel in Amsterdam und über die kleinern Flüsse und Canäle dieser und anderer Städte sind steinerne, nach Halbkreisen, gröſstentheils aus Ziegel *) gewölbte Brücken, erbaut, wovon einige in der Mitte einen zum Durchlassen der Masten bestimmten Ausschnitt haben.

*) Groſse Werkstücke sind nämlich in Holland sehr kostbar.

Die *Teutschen* wechselten mit hölzernen Pfahlbrücken, Hängewerken und steinernen Brücken ab; da sie aber stets auf die Bildung ihrer Ingenieurs so wenig verwendeten und den Bau grofser steinernen Brücken, in dem letzten Jahrhundert ganz vernachläfsigten: so können sie sich wenig kunstreicher Brücken rühmen, selbst die Brücken von Dresden, Prag, Regensburg, Frankfurt und Würzburg sind weit von den Regeln der Wissenschaft und ästhetischer Schönheit entfernt. Gleichwohl hat Teutschland eine der ersten gewölbten Brücke nach einem flachen Kreisstück (zu 1/7 der Höhe), die aus einem 90 Schuh weiten Bogen besteht, aufzuweisen; der Baumeister *Carln* hat diese kühne und schöne Brücke, in Nürnberg (1598), erbaut. Diese sogenannte *Fleischbrücke* (Tab. 131.) ist also bis jetzt das einzige teutsche Kunstwerk der Art und eine der merkwürdigsten aus einem so flachen Kreisstück in Europa erbauten Brücken.

In der *Schweiz* suchte man die breiten reissenden Flüsse mit grofsen einen Wald von Bauholz erfordernden aus Hängwerken bestehenden Brücken zu überspannen, und die jüngsten Brücken dieser Art, so wie die ohnweit St. Gallen in zwey Bögen, jeder zu 70 Schuh Weite, 1811 aufgeführte steinerne Brücke, entsprechen dem jetzigen Zustande der Brückenbaukunde nicht.

Die *Engländer* stets bereit und reich genug: grofse Werke auszuführen, die vorzüglich den Gufs des Eisens zu einer Vollkommenheit gebracht haben, errichteten in London die Westminster-Brücke (1739), früher (1176) die London-Brücke und später (1760) die Blacfriars-Brücke (Tab. 129.) von Steinen, und in der letzten Zeit eiserne Brücken. Diese sind auch die Veranlassung zu neuen Ideen gewesen. Da in England nicht ein so grofser Ueberflufs von Steinbrüchen als in Frankreich ist, so hat man die Menge des Eisens öfters als in andern Ländern zu Brücken benutzt. Indessen haben die Engländer einen 140 Fufs weiten Bogen (aus Ziegeln) über den Tafflufs erbaut, der aber von den grofsen Bögen, welche man in Frankreich früher errichtet hat, übertroffen wird. England hat mehrere Brücken, selbst noch von der neuesten Zeit, aufzuweisen, deren Bögen eine Halb-Elypse formiren, wovon die längste Axe vertical steht, so dafs diese Bögen einen unbedeutenden Seitendruck ausüben, folglich keine Schwierigkeit in der Ausübung darbieten.

In *Spanien* und *Portugal* entfernte man sich anfänglich selten von dem Halbkreise, so wie von den Gothischen Bögen, und gieng endlich bey den Brücken zu Valencia (Tab. 129.) über den Guadalquivir zu einer Kühnheit über, die ich nachzuahmen nicht anrathe, indem die Bogenhöhe sich zur Oeffnung wie 1 : 10 verhält; freylich beträgt diese letztere nur 40 Schuh. Indessen haben diese Länder einige grofse steinerne Brücken, aber der Bau grofser Bögen von Holz, wie ich sie in Baiern seit 1806 ausführte, blieb ihnen, der unglücklichen Zeit wegen, fremde.

§. 9. Die *Italiener*, welche die römischen Brücken, dann die gothischen Bögen, als Muster wählten, construirten anfangs Halbkreise, dann gothische Gewölbe,

Kreisstücke und endlich gedruckte und seitwärts ausgebauchte Bögen, das sind Korbbögen, von deren Construction im 5ten Capitel gehandelt wird. Die Brücken zu Mailand, Pavia, Verona, Venedig und Florenz geben hiervon Beyspiele. Unter allen neuern Brücken Italiens sind die merkwürdigsten: die gedeckte zu Pavia, die Marmor-Brücke zu Florenz, die große Brücke zu Verona und von Rialto zu Venedig, und zum merkwürdigsten die Brücke St. Trinita zu Florenz (Tab. 129.). Dieselbe hat nämlich sehr gedruckte elyptische (Korb-) Bögen, wiewohl sie, außer den Stirnbögen, nur aus Bruchsteinen erbaut ist. Sie ist auch die erste Brücke mit solchen gedruckten Bögen in Europa, denn sie wurde 1251 errichtet (Schramms Schauplatz der merkwürdigsten Brücken Seite 226). Die Italiener sind also allen Nationen im Bau der steinernen Brücken als Muster vorangegangen, welches, bey ihren geschickten Steinmetzen dem vortrefflichen Materiale und dem Flor der Baukunst, möglich war. Indessen werden ihre Brücken, was die Größe der Bögen und die Schönheit anbetrifft, gegenwärtig von den Brücken Frankreichs bey weitem übertroffen.

Bey hölzernen Brücken entlehnten die Italiener die Construction von den Dachstühlen; sie haben die Hängwerksbrücke des Palladio bey Bassano als ein Muster betrachtet, wofür sie auch die neuesten französischen Schriftsteller (Rondelet und Gauthey) ausgaben, wiewohl dieselbe weder Dauer noch Stärke hat, und überdies von allen geschmackvollen Aeußern entblöst ist; Mängel, welche die Hängwerke der Schweiz an sich tragen! Auch war bey der Brücke von Bassano ein Hängwerk überflüssig: denn die Brenta ist hier nur 180 Fuß breit; und diese Breite ist in fünf Jochfelder eingetheilt, so daß jedes nur 36 Schuh mißt; eine Weite, die man, wenn die Brücke vom schwersten Fuhrwerke befahren werden soll, nur mit acht 14 Zoll dicken Straßenträgern zu belegen hat, wie ich denn hierüber an den Brücken von Baiern hundert Beyspiele anführen könnte! Nur im Königreiche *Neapel* ist meine Construction der hölzernen Brücken eingeführt worden; im Jahre 1810 wurde über den Bergfluß *Calore* von den Ingenieurs *Malesci* und *Fazio* eine solche Bogenbrücke erbaut, und nach dem Neapolitanischen Moniteur hatte der König verfügt, nur solche Brücken über die Bergströme des Königreichs zu errichten.

Die *Franzosen* machen gegenwärtig im Bau der steinernen Brücken allen Nationen den Vorzug streitig, wie dieses die Brücken von Neuilli, Orléans, Mantes, St. Edme zu Nogent, Pontoise, St. Maixance, Roannes, Brièves, de la Drome, Vizile, von Bellecour zu Lyon und eine zahlreiche Menge von großen steinernen Brücken beweisen. Ja es bleibt bey ihren steinernen Brücken wenig, bey ihren hölzernen und eisernen aber recht viel zu verbessern übrig. Diese großen Werke sind vorzüglich aus dem Umstande hervorgegangen, daß von *Heinrich IV.* das Corps der Ingenieurs des Brücken- und Wegbaues creirt wurde, dem späterhin ein ehrenvoller Wirkungskreis angewiesen ward; welches man besondens im 18. und 19. Jahrhundert gut besoldete und in den Fall setzte: große geschmackvolle Werke aufzuführen. Bereits zwischen dem

13ten und 16ten Jahrhundert waren in diesem Lande grofse Bögen und grofse Brücken ausgeführt; aber zu schmal und ohne Geschmack. Die mit grofsen Halbkreisen gewölbten Brücken, als die von Vielle-Brioude, Ceret und einige andere, waren ihrer Höhe wegen, in Städten nicht anwendbar, und man war, bey dieser Bogenform, der niedrigen Lage der Ufer wegen, genöthigt, die Zahl der Bögen zu vervielfältigen. Erst bey der Brücke von Toulouse wählte man einen gedruckten oder Korbbogen, um auch bey Städten gröfsere Brückengewölbe aufzuführen. Diese Form wurde späterhin allgemeiner und im 18ten Jahrhundert zu einer grofsen Vollkommenheit gebracht, selbst bey Bögen von 120′ Weite, (bey der Brücke von Neuilli) angewendet. Auch kam man in dieser Zeit zu den flachen Kreisstücken zurück, weil sie, bey Brückenbögen, alle Vortheile vereinigen, wenn sie hoch genug anfangen, und ihre Höhe eher gröfser als geringer wie $\frac{1}{7}$ der Oeffnung ist.

Endlich bedurfte es, zur Vervollkommung des Brückenbaues, nur noch eines Anlasses; nämlich Männer von Kenntnissen und Genie, so wie für das Grofse und Nützliche empfängliche Minister, um die Brückenbaukunde auf eine hohe Stufe zu stellen. Sie ist in Frankreich vorzugsweise von den Ingenieurs de la Hite, Cerceau, Mansard, Dause, Gabriel, Gautier, Pitrou, Hupeau, Bayeux, Régemortes, Voglie, Limay, de Moustier, Gavella, Advyné, le Clerc, Ducros, Tardif, Gauthey, Garipuy, Cessart, Le Sage, Chezy, Boistard, Grangent, Saget, Bertrand, Lamandé und Beaupré cultivirt worden. Das gröfste Verdienst um dieselbe hat aber, vor allen Ingenieurs, *Perronet:* der Mann, welcher den Bau der steinernen Brücken zu einem hohen Grade von Vollkommenheit emporhob, wie die von ihm erbauten Brücken, so wie dessen Schriften beweisen.

§. 10. Als die praktische Ausführung vieler grofsen Brücken in Frankreich bewerkstelligt ward, bearbeiteten auch die Theoretiker, die Lehre der Gewölbe, wiewohl sie immer von der Erfahrung widerlegt wurde; ja es scheint: dafs man sie niemals zu einer genauen Uebereinstimmung mit dieser bringen werde. Diese analytischen Calcule sind unglücklicher Weise auf solche Hypothesen gebaut, die mit der täglichen Erfahrung im Widerspruche stehen, und es kommen bey grofsen Gewölben, als Brücken sind, so viele Umstände zu erwägen, dafs eine mit der Erfahrung übereinstimmende Theorie vielen Schwierigkeiten unterworfen ist.

Die Schriftsteller, welche den Druck und das Gleichgewicht der Gewölbe zu berechnen suchten, haben sich mit der Bestimmung und Figur der äufsern Gewölbfläche (extrados), der Cirkelgewölbe, im Stande des Gleichgewichts, nicht begnügt, sondern auch die Dicke der senkrecht stehenden Widerlager, um dem Druck der Gewölbe zu widerstehen, berechnet. Nach Vervollkommnung der Analyse hat man die Theorien von der Lehre der Gewölbe aus einem allgemeinen Gesichtspunkte betrachtet, und so wurde die Wissenschaft mit einer Menge rein speculativer Abhandlungen bereichert, ohne für die Ausübung feste Maximen zu begründen. Die theo-

retischen Schrifsteller nahmen die Gewölbe als durchaus glatte Gewölbsteine an, die also ohne Widerstand oder Reibung zu erfahren, übereinander weggleiten würden, wenn die Stabilität des Gewölbes nicht eine Ueberwucht ausübte. Auf diese Weise hat die Ausübung aus der Theorie noch nicht den Vortheil gezogen, den sie hätte ziehen können, wenn die Theoretiker, die vorhandenen vorzüglich gut construirten Brücken, die Verhältnisse ihrer Theile untereinander erforscht, so wie die Zusammensetzung der einzelnen Theile der Gewölbe und die Erfahrungen berücksichtigt hätten. Ich habe daher die mir viele Untersuchungen und Zeit kostende Mühe übernommen; von den merkwürdigsten Brücken Europens, diese Verhältnisse, in Tabellen darzustellen, die ich im III. Kapitel mittheile; welche ohne Zweifel von Wichtigkeit für die Wissenschaft sind. Diese Resultate geben eine Uebersicht von den Fortschritten der practischen Brückenbaukunde; sie geben das darin herrschende Ungewisse zu erkennen, und zeigen: wie Manche, zu geringe Dimensionen, die Meisten aber zu grofse angewendet haben, ohne zu bedenken, dafs die Festigkeit der Brücken wesentlich von einer vorsichtigen Fundation, der Härte der Gewölbsteine, und ihrer sorgfältigen Bearbeitung, so wie von den durch weite Bogen bewirkten freyen Abflufs der Hochgewässer, des Treibholzes und der Eismassen, abhängt.

§. 11. Wir sehen aus dem Gesagten, so wie aus der Vervollkommnung der eisernen und hölzernen Bögen zu Brücken: dafs die Brückenbaukunde im Allgemeinen noch im Steigen begriffen ist, es blos mehrern Ingenieurs an Gelegenheit fehlte, ihre Einsichten und Erfahrungen anzuwenden, und es nur von dem Vorsatze eines Regenten oder einer Nation abhängt: dem Lande die Früchte dieser Kenntnisse zuzuwenden, so wie durch grofse Brücken aller Art das Nützliche und Schöne zu befördern; auf diese Weise die Dankbarkeit des Volkes in Anspruch zu nehmen, und dessen Sinn und Gemüth, durch den Anblick solcher Werke, zu erheben. Was ist es denn: hundert grofse Brücken zu erbauen? Sie erfordern kaum den Aufwand von einem oft verderblichen Kriege eines Monaths, wozu überall das Geld beygeschaft werden mufs, der die Jugend der Nation dem Tode opfert, und dem Bürger die in funfzig Jahren mühsam gemachten Ersparnisse vernichtet. Zum Brückenbau darf nur ein mäfsiges Brückengeld aufgelegt werden, wogegen sich Niemand mit Grund beschweren kann, weil die Auflage gerecht ist, so hat man alle Mittel dazu. Ueberdiefs werden von demselben eine Menge Arbeiter dem Müfsiggange entzogen, und zum Ruhm der Nation beschäftigt. Bedächten dies die Männer, denen die Zügel der Regierung anvertraut sind, und hätten sie Sinn für das allgemeine Befste und ihren eigenen Ruhm, so würden sie dem Brückenbau die nöthigen, so leicht herbeyzuschaffenden Mittel, nicht entziehen, noch die mit der Direction des Brückenbaues beauftragten Ingenieurs einen beständigen Kampf mit den Ränkeschmiedern und Nichtwürdigen Geschäfts-Pfuschern aussetzen, während sie zu lächerlichen Kleinigkeiten und armseligen Bauten, die der Nachwelt von ihrem verdorbenem Geschmacke oder ihrer

Insolenz gegen das Urtheil ächter Kenner, den Beweis überliefern, auf den Rath mittelmäſsiger Baumeister und schlechter Werkleute, das Geld hergeben, und jährlich so einen bedeutenden Aufwand vergeuden! Es ist auch ein sicheres Kennzeichen von der Auflösung des Gemeingeistes, wenn eine Nation, an der Aufführung groſser, schöner und nützlicher Werke kein lebendiges Interesse nimmt. Die Griechen und Römer geben vom Gegensatze den schönsten Beweis: denn zur Zeit ihres höchsten Flors haben sie die herrlichsten Werke der Baukunst aufgeführt; besonders erkannten die letztern den Nutzen der Brückrn. Ja! wenn beyde Nationen groſse Flüsse in der Nähe ihrer Hauptstädte gehabt hätten, so würden sie auch kühne und groſse steinerne Brücken aufgeführt haben! Die Römer achteten übrigens die Erhaltung der ihrigen so hoch, daſs sie ihren *Oberpriester* zugleich zum Aufseher über die in Rom stehende Brücke *sublicius*, ernannten, und ihm den Titel *Pontifex maximus* gaben; diese Stelle zu übernehmen, schätzten sich die Kaiser zur Ehre! Selbst zur Zeit der gröſsten Revolutionsstürme erbauten die Römer ihre gröſste und schönste Brücke (Tab. 125.), und benannten sie nach dem Baumeister, *Pons Fabricius*. Der erste *Pontifex* in *Rom*, *Marius*, wurde von Numa Pompilius ernannt; nachher wurden noch dreye erwählt; 454 vor Chr. Geb. viere, und später fünfzehn Pontifices ernannt, die wohl auch zu dieser Zeit zugleich *Priester* waren. Der Wege- und Brückenbau war, unter August, den Censoren und Curatoren der Wege anvertrauet. Schon die Griechen hatten Vorsteher der Gewässer, welche *Servius*, ad Aeneid. XII. Pontifices aquarum nennt.

Auch für die Mittel zur Erbauung groſser Brücken, haben die Völker gesorgt und selbst die Religion wurde dazu benutzt. Bey den Römern wurden sie vom öffentlichen Schatze angelegt, und die reichen Bürger Roms übernahmen freywillig einen Theil der Kosten; so hat der Censor Aemilius *Scaurus* die Brücke *Milvius* oder *Ponte-Molle* ohnweit Rom aus seinem Vermögen erbaut. *Theodosius* setzte zum Brückenbau eine allgemeine alle Grundeigner treffende Auflage fest; zu mehrern Brücken z. B. zu denen von Torgau, Avignon, Guillottière zu Lyon, und zu Dresden wurden päbstliche Ablaſsbriefe ertheilt, und die Gläubigen kauften gerne Ablässe, deren Erträgnisse zu so nützlichen Zwecken verwendet wurden. Zu andern Brücken trugen die Regenten die Kosten: *Karl IV.* lieſs zur Prager Brücke 180,000 Thaler (nach dem jetzigen Preise der Materialien und dem Werthe des Geldes 1 ½ Million) auszahlen, wofür sie bey seinem 1378 erfolgten Tode bey weitem nicht vollendet war. Bey den meisten Brücken wurde die Erhebung eines Brückengeldes, welches eben so gerecht als billig ist, und eine Auflage auf den Wein, woraus die Pont neuf zu Paris oder eine Auflage auf das Bier *), wofür viele Brücken in Baiern erbaut sind, eingeführt. Nachdem die 1135 unter dem Herzoge von Baiern *Heinrich X.* angefangene Brücke der Stadt *Regensburg* binnen eilf Jahren vollendet war, wurde für alle darüber gehende Waaren und für das Zugvieh eine Abgabe erhoben.

*) Man erhob einen Pfenning auf das Maaſs Bier, und nannte die Auflage *Bierpfenning*.

Nach der auf Kosten von vier Städten Spaniens erbauten Brücke von *Alcantara* benannte sich eine Rittercaste, die *Ritter von Alcantara.* Ja, der Pabst *Benedict*, welcher sich in seiner Jugend (1177) zum Bau der Brücke von Avignon berufen und begeistert fühlte, stiftete als Oberhaupt der Kirche, den *Orden der Brücken*, dessen Mitglieder fratres de pontibus benannt wurden; der es sich zum Geschäft machte, viele Brücken und Fähren anzulegen, also den Verkehr zu sichern. Alle seine aus Dotationen und aus den Beyträgen frommer Seelen geflossenen Einnahmen wurden zu diesem nützlichen Zwecke verwendet.

In Frankreich haben die verschiedenen Regenten zu dem Brückenbau groſse Summen bewilligt, und es wird nicht übertrieben seyn, wenn ich behaupte, daſs die steinernen und eisernen Brücken Frankreichs mehr als zwey hundert fünfzig Millionen Livres kosten: denn nur die Brücke von *Neuilli* erforderte 3,567,300, die Brücke von *Orléans* 2,671,000, von den *Thuillerien* 720,000, die *Eintrachtsbrücke* 3,017,931, die Brücke von *Saumur* 1,700,000 und die von *St. Maixence* 1,526,000 Livres. Endlich gereicht es mir zum Vergnügen: auch dem schönen Geschlechte Gerechtigkeit widerfahren zu lassen: auf Kosten der *Besitzerin des Orts Vieille-Brioude ist der gröſste steinerne Bogen* (Tab. 132.) *der Welt* (1454) über den *Allier-Fluſs*, erbaut worden!

ZWEYTES KAPITEL.

Von den von Holz construirten Pfahl-, Joch-, sprengwerks- und Hängewerks-Brücken.

§. 12.

Ich mache deſswegen zwischen den von Holz, Eisen und Steinen erbauten Brücken einen Unterschied, und handle sie in besondern Kapiteln ab, weil die Zusammensetzung ihrer Theile nach unter sich verschiedenen Maximen bewirkt wird; denn nur meine Construction von den eisernen Brücken ist der von mir bey den aus Zimmerwerk gebildeten Bögen erfundenen ähnlich; sie werden durch ein und dasselbe Princip begründet!

Erstens. *Von den Pfahl- und Jochbrücken.*

§. 13. Diese bestehen entweder aus einfachen oder doppelten Pfahlreihen, die man wenigstens mit einem sechs Centner schweren, im 2ten Band S. 413. beschriebenen Rammklotze, dergestalt in den Boden eintreiben sollte, *) daſs der mit einem 10 Pfund schweren Pfahlschuh versehene Pfahl nur einen Zoll während dreyſsig Rammschlägen, in den Grund einrückt; mit 12 Centner schweren Rammbären mag das Feststehen zu zwey bis drey Zoll, in der letzten Hitze, angenommen werden. Sie heiſsen alsdann *Pfahlbrücken*, wenn sie schmal sind, und die Pfähle nicht mit Gurtungen, sondern nur mit der oben auf die Pfähle liegenden Schwelle (Kronschwelle) Jochschwelle oder Kronholz, verbunden sind, sonst werden sie Jochbrücken genannt, denn diese so mit Gurtungen verbundenen Pfahlreihen nennt man *Joche.*

*) Ich habe bey den Rammklötzen jetzt noch eine Verbesserung angebracht; es ist nämlich in dem Innern des Läuferloches an jeder Fläche eine 3 Schuh lange, 3 Linien breite, und eben so tiefe Rinne gemacht, in die man Unschlitt- oder Seifenschmiere einläſst, und oben mit einem Keil verschlieſst. Hiedurch wird fast alle Reibung des im Rammklotze befindlichen Läuferloches, längs dem Läufer, aufgehoben. Auch lasse ich Rammklötze gebrauchen, die unten keine eiserne Platte haben, und deren Oehse *h* Fig. 67. Tab. 85. an ein lothrechtes Eisen angeschmiedet ist, welches unten ein Loch erhält, und durch einen der drey Ringe, welche um den Rammklotz befestigt werden, eine eiserne Stange geht, die an einem Ende einen Kopf, am andern eine Schraube hat. Diese Einrichtung ist nothwendig, damit die Oehse, woran das Remmthau befestigt wird, aus dem Rammklotze nicht herans gezogen werden könne. Auf diese Weise werden die Pfahlköpfe, indem Holz auf Holz fällt, nicht so leicht polsterig geschlagen, und die Wirkung des Rammklotzes ist um so gröſser.

§. 14. Folgende Vorschriften habe ich aus der Erfahrung gezogen: 1) die doppelten Pfahlreihen in einem Joche sollte man, ihrer Kostbarkeit und des Umstandes wegen, vermeiden, weil sie dem Eisgange viel Fläche entgegen setzen, das Treibholz sich davor legt, welches den Strom aufstaut; und weil, wie wir aus der Erfahrung sehen, eine einfache gut eingerammte Pfahlreihe, deren Flufsaufwärts stehender schräg-Pfahl mit einer Eisschiene versehen ist, und die aus hinreichend starken Pfählen besteht, von denen die obern und untern schräg gestellt sind, dem Angriff des Stromes und des gewöhnlichen Eisganges widersteht. 2) Die Jochpfähle sollten wenigstens ⅓ ihrer Länge in den festen Grund eingerammt werden. Da man nun den Theil, welcher von der Kronschwelle bis zum Boden des Flusses geht, kennt, so füge man die Hälfte dieses Theiles hinzu, um die Länge der Pfähle zu bestimmen. Ist der Grund schlecht, so richte man sich nach demjenigen, was bey der Materie vom Einrammen der Pfähle im zweyten Bande vorgetragen ist. 3) Die Stärke eines Jochpfahles betrage am dünsten Ende, je nach der Tiefe des Stromes, also nach der Länge des Pfahles, 6, 8, 10 bis 12 Zoll.

§. 15. Nur in einem sandigten Boden oder weichen Thonboden darf den Pfählen ein eiserner Pfahlschuh (Fig. 18. Tab. 122.) fehlen, denn ohne dieselben trennen sich die äufsern Fasern der Pfahlspitze, stossen sich polsterartig aufwärts, so, dafs es unmöglich wird, den Pfahl in den Grund tief genug einzutreiben. Ich habe mehrere Pfähle aus von Andern ausgeführten Bauwerken ausziehen lassen, und ihre Spitze gequetscht und seitwärts, wie ein Klauel gedreht, angetroffen, weil man die Anlegung eines Pfahlschuhes verabsäumt hatte. Bey Pfählen, die zu leichte Schuhe hatten, waren die Fasern des Holzes von dem vom Pfahlschuh freygelassenen Theil aufwärts geschoben, die Nägel aus den Federn des Pfahlschuhes heraus oder krumm gezogen, und diese nahe beym Kern abgesprengt. Ist die Pfahlspitze aber umgebogen, oder sind die Fasern des Holzes aufwärts getrieben, so wirken die heftigsten Rammschläge nicht mehr, und wenn sich dann später der Flufs vertieft, so werden die nicht tief genug eingerammten Pfähle unterspühlt. Es müssen demnach, bey allen wichtigen Brückenbauten, alle vier Blätter oder Federn des Pfahlschuhes: die Spitze des Pfahles beynahe ganz umschliefsen, und fast kein Holz dieser Spitze sichtbar lassen. Die Pfahlschuhe mit einzelnen schmalen Blättern entsprechen also dieser Vorschrift nicht, und sollten nur bey unbedeutenden Anlagen oder weichen Sand- und Erdboden, nicht aber bey Stein- und Kieslagen gebraucht werden. Man gewinnt überdiefs bey dem Ramm-Manövre durch Anbringung guter Pfahlschuhe weit mehr, als die gröfsere Schwere des Pfahlschuhes, wovon das Pfund 15 — 17 kr. kostet, erfordert. Zu den Jochbrücken kann diese Schwere 10 — 20 Pfund betragen, je nachdem die Beschaffenheit des Bodens ist. In felsigten Boden, oder wo man ein altes Gemäuer und Holzwerk zu durchstossen hat, bedient man sich 40 bis 60 Pfund schwerer Pfahlschuhe; so schwer waren diejenigen, welche an der ehemaligen Jochbrücke bey

Neuburg (Fig. 10. Tab. 123.) angebracht, und die im Felsenboden 16 — 18 Zoll tief eingeschlagen waren. Man sollte daher zu den Jochbrücken im kiesigten Boden wenigstens 15 Pfund schwere Pfahlschuhe; 18 Pfund schwere zu den Jochen der Bogenbrücken, und 20 bis 30 Pfund schwere zu den Fundationen steinerner Brücken gebrauchen.

Da diese Bemerkungen für die Brücken aller Art gelten, so glaube ich, darauf aufmerksam machen zu müssen, denn es kömmt auf gut geschmiedete Pfahlschuhe, deren Spitze oder Kern unten 1 bis 3 Linien stark seyn sollte, auf die Bedeckung der Seitenflächen der Pfahlspitze mit den vier 11 bis 20 Zoll langen Blättern oder Federn des eisernen Schuhes, die oben etwa eine und in der Nähe des Kerns 2 bis 5 Linien dick seyn sollten, und seinen aus ganz Eisen bestehenden Kern, der oben 24 bis 36 Linien stark, und 6 bis 12 Zoll lang seyn mufs, aufserordentlich viel, beym Einrammen der Pfähle, also bey der Sicherheit der Gründungen, an. Besonders gut mufs dessen Theil geschmiedet werden, wo die vier unten 2 bis 4 Zoll, und oben 8 bis 14 Zoll breiten Blätter von dem Kern abgehen, *) weil diese sonst abspringen. Auch müssen die Nagellöcher länglich seyn, damit, wenn die Nägel oben durch die Löcher der Blätter geschlagen sind, der Pfahl während dem Rammen, sich fest auf den Kern des Pfahlschuhes setzen kann. Wer diesen Rath nicht achtet, sondern dem Pfahlschuh, wie gewöhnlich geschieht, schmale Blätter von 1 bis 4 Zoll breit, und einen kurzen Kern giebt, der wird sich nicht wundern, dafs die Pfähle, wovon die Seiten der Spitze aufgebürstet sind, mit vielen hundert Rammschlägen nicht viel mehr in den Grund eingehen, wenn seine Fundationen schlecht sind, bald vom Strom unterwaschen werden, und die Werke defswegen einstürzen; mehrere steinerne Brücken geben hievon traurige Beyspiele! Im allgemeinen mag die Schwere des eisernen Pfahlschuhes ¾ Pfund auf je einen Centner Pfahlschwere, bey Jochpfählen, betragen, und nur bey weichem Boden mag der Schuh fehlen, und die Spitze des Pfahles angebrannt werden. Bevor man sich aber dazu entschliefst, müssen genaue Versuche dieses Verfahren gerechtfertigt haben, und den eisernen Pfahlschuh sollte man nur nach diesen, wegzulassen sich entschliefsen.

Wenn Mancher unsrer sogenannten Baukünstler, wovon sich wenige um die Festigkeit und Construction der Gebäude bekümmern, und die Architektur in dem Kopiren einiger Reste des Alterthums und in der Häufung von Halb-Säulen, in hohen Postamenten, kleinen Säulen an grofsen Gebäuden, in bizaren Bogenausschnitten als Fenster und Verkröpfungen, in kleinen Ausladungen bey den Verdachungen der

*) Nach diesen Maafsen wiegt der Pfahlschuh 12 bis 52 Pfund. Die obere Breite der Blätter richtet sich nach der Stärke des Pfahles oder der Seitenfläche seiner Spitze. Uebrigens mufs derselbe aus sehr guten Eisen compact geschmiedet werden. Es ist daher rathsam, ihn auf einen vom Wasser getriebenen Hammerwerk machen zu lassen, wenn nur irgendwo Gelegenheit dazu ist.

Fenster, und in unbequemen Wohnungen, gefunden zu haben glauben, *) einen Pfahlschuh betrachtet: so wird er sich kaum träumen lassen, dafs auf dessen Beschaffenheit oft die Dauer der wichtigsten Gebäude beruht. Da ich leider gefunden habe: dafs es selbst vielen Ingenieurs an der erforderlichen Würdigung dieses Gegenstandes mangelt, so habe ich diese Materie hier abermahls erörtern zu müssen, für nothwendig gehalten, wiewohl ich bereits im zweyten Bande Seite 434. u. s. w. davon gesprochen habe.

§. 16. Mehrere auf eine gewisse Entfernung nebeneinander eingerammte Pfähle bilden, wie gesagt, ein *Joch*, Fig. IV.[b] Tab. 119., und der einzelne Pfahl heifst *Jochpfahl*; die Oeffnung zwischen zwey Jochen nennt man das *Jochfeld*. Die Jochpfähle werden auf einen bis zwey Schuh Abstand, an ihrem obern Ende, je nach der Geschwindigkeit und Tiefe des Stromes oder der Länge des Pfahles und der Heftigkeit des Eisganges, gestellt. Darüber wird die Kronschwelle gelegt, und über die Kronschwellen kommen die Strafsenträger, über diese aber die Deckhölzer, auf deren Enden zwey Bäume gelegt werden, und dann werden die Geländer-Säulen mit zwey quer liegenden starken Deckhölzern verbunden, die auf 8 bis 10 Schuh Abstand stehen. Dieses ist also die Construction der Pfahlbrücken. Werden an dem Joche mehrere horizontale Gurtungen oder Kreuze (Tab. 110. Fig. XII.) angebracht, so ist dies eine *Jochbrücke*.

§. 17. Die Einrammung der Jochpfähle kann auf verschiedene Art bewerkstelliget werden Siehe II. Band S. 409 — 456. Ist ihre Länge nicht so bedeutend, dafs sie noch unter eine Ramm-Maschine gebracht werden können, so geschieht die Rammung von Flossen, Prahmen oder stehenden Gerüsten ab. Mufs die Ramme hoch gestellt werden, so bedient man sich dazu (in reissenden und tiefen Flüssen) einer in Form von Böcken in grofsen Flufsschiffen aufgestellten Rüstung F. 39 — 42. T. 122. Da dieses Gerüst wie ein Joch aussieht, und in Nothfällen auch dazu gebraucht werden kann, indem man darauf die Strafsenträger einer zerstörten Brücke legt, so heifst es ein *Jochschiff* oder *Jochziele*; in Baiern auch *Bockziele*, weil die Rüstung den sogenannten Holzböcken ähnlich sieht. Die Anwendung des Jochschiffes ist vorzüglich bey der Einrammung der Jochpfähle, in tiefen Flüssen, wo diese 40 bis 60 Schuh lang seyn müssen, und zur momentanen Ersetzung eines Joches, sehr nützlich.

*) Während man vom antiken Styl bey solchen Gebäuden spricht, die die Römer und Griechen nicht kannten, sieht man die barokesten Gebäude aufführen, und junge Leute, welche die Construction solcher Gebäude, die im Lande für den Städter und Landmann vom Nutzen sind, erlernen sollten, müssen nichts als Säulen zeichnen, Tempel, Theater und Paläste entwerfen, wobey denn der elende Geschmack durch überladene Zierrathen und kleinliche Verhältnisse sich ausspricht. Die Architektur wird da, wo sie so gelehrt und gebaut wird, weder der Regierung zur Ehre, noch dem Lande zum Nutzen gereichen. Doch darum bekümmern sich die protejirten sogenannten Architekten wenig!

Man legt zwey solche Jochschiffe auf eine gewisse Entfernung vor Anker oder an die im Flusse eingerammten Anbinde-Pfähle, und darüber hin die Rammrüstung, oder diese kommt auf ein Jochschiff und auf ein bereits eingerammtes Joch zu liegen.

In Fig. 39. Tab. 122. ist durch die punctirten Linien eine andere Seitenverbindung der in dem Jochschiff aufgestellten Rüstung, die bis zur Mitte des Schiffs hinabgeht, als diejenige, welche die ausgezogenen Linien in Fig. 41. perspectivisch darstellen, gezeichnet.

Da es aber äufserst beschwerlich seyn wird, von diesen Jochschiffen, wiewohl man sie nach allen vier Seiten mit Seilen, entweder an Anker, Pfähle oder Erdwinden, anlegt, sehr grofse Pfähle, nach dem im Plan einer Brücke bezeichneten Stand, einzurammen, indem sie sich immer etwas bewegen: so bedient man sich derselben vorzüglich zur Tragung von kleinen Ramm-Maschinen, um die Joche der stehenden Gerüste, in den Grund einzutreiben. Sind diese geschlagen: so werden von einem Gerüstjoche zum andern, welche dem wahren Joche so nahe als möglich kommen müssen, sechs (über dem Wasser hin drey, und oberhalb drey) Balken gelegt, und dann befestigt, über diese kommen in der Quere zwey Gurtungen, nach der Richtung des Joches. Man legt sie auf solche Entfernung: um, wenn darin der für die Pfähle nothwendige Raum eingeschnitten ist, jeden Jochpfahl aufzunehmen. Oben auf der Rüstung werden alsdann gleichfalls zwey Schwellen angebracht, welche den vordern Theil des Fufses der Ramme tragen. Da diese Vorrichtung dazu dient, um die Pfähle in der bestimmten Richtung einrammen zu können, so nennt man diese Gurtungen: *Pfahllehren.*

In Flüssen, die keine bedeutende Tiefe haben, werden die Gerüstjoche von Prahmen oder Flossen ab, vermittelst dem Bogenschlägel (Handramme) F. 39. T. 85. oder von blofsen Bockgerüsten F. 37. T. 122. ab, eingerammt. Um die Wirkung der Rammschläge zu vermehren, so befestige man die Rüstung, sobald der Pfahl in den Boden nur etwas eingedrungen ist, an dem Pfahl selbst. Auf diese Weise wird die Schwere des Gerüstes, der Handramme und die der Arbeiter, so wie die von diesen letztern verursachte Bewegung, wesentlich zum Einrücken des Pfahles beytragen. Man sollte daher dieses Hülfsmittel, wo es nur immer thunlich ist, anwenden; auch kann man auf diese Weise 1 ½ bis 2 Centner schwerer Rammklötze, wie sie in Fig. 65. und 67. Tab. 85. dargestellt und im II. Bande Seite 413 beschrieben sind, anwenden. Mit schweren Rammklötzen läfst sich dieses Manöver nicht machen, weil man die Maschine nach und nach heben und die Rüstung an den Pfahl befestigen mufs. Wenn die Joche nur auf 24 Fufs Entfernung zu stehen kommen, kann bey ihrer Einrammung auch folgender Mafsen verfahren werden. Auf das Widerlager werden vier sehr lange und starke Balken gelegt, deren kurzes Ende mit Taue und Ketten an dasselbe befestigt und abwärts gezogen wird. Ueber die langen Enden dieser

Balken ist alsdann ein Gerüst zu etabliren, von welchem ab die Einrammung des Joches bewerkstelligt wird. Sind dann zwey solche Pfähle in den Grund einige Schuh tief eingetrieben, so befestigt man darauf die Balken und formirt ein Gerüst! Damit eine schwere Ramme nicht die Ueberwucht des längern Theils der Balken, gegen den kürzern angebundenen, stromwärts bewirke, so gebrauche man anfänglich die Handramme oder den Bogenschlägel und späterhin, auf der festen Rüstung, die Zugramme. Doch ich werde in der Zukunft noch manche practische Vorrichtungen, bey der Einrammung langer Pfähle in tiefen und reissenden Flüssen, anführen!

§. 18. Da die Stabilität einer Jochbrücke vorzüglich dadurch bewirkt wird, daſs mehrere Jochpfähle nach einer geneigten Richtung eingerammt werden: so wäre es zu wünschen, daſs man stets drey Pfähle stromabwärts und drey stromaufwärts (Fig. 9. Tab. 123.) so einrammte; die Abweichung dieser Lage mag von der lothrechten Linie von 20 bis 45 Grade zu nehmen, je nachdem der Strom eine groſse Geschwindigkeit und einen heftigen Eisgang ausübt. Da aber das Einrammen eines Schrägpfahles, sowohl wegen der Schrägstellung der Ramme als des Rammens selbst, beynahe das Doppelte vom Einrammen eines lothrecht gestellten Pfahles kostet, so wird man sich mit der Einrammung eines Schrägpfahles stromaufwärts und eines stromabwärts (Fig. IV^b Tab. 119.) bey allen langsam fliessenden Gewässern, begnügen müssen. In solchen Flüssen, die einen heftigen Eisgang führen, wie im Inn, sind jedoch zwey bis drey Schrägpfähle, stromaufwärts nothwendig, und es ist dann zur Stabilität des Joches dienlich: daſs man den vordern Pfahl, vor der Mitte zweyer eingerammten Schrägpfähle, deren an einander stoſsende Flächen mit der Mitte der übrigen Jochpfähle correspondiren (Fig. VI^b Tab. 119.) einrammt. Auf diesen Schrägpfahl wird eine aus Guſseisen bestehende, vorne einen Winkel bildende Schiene (Fig. 17. Tab. 122.) befestigt *), auf welcher sich die Eisschollen brechen, daher man sie die *Eisschiene* heiſst, und dieser Pfahl sowohl als der stromabwärts stehende Schrägpfahl muſs, zur Vermehrung der Stabilität des Joches, vor die Jochschwelle und dicht langs derselben hinaufreichen. Führen die Flüsse im Sommer viel Treibholz, welches sich an die durch jene drey Pfähle hervorgebrachte gröſsere Anstoſsfläche anlehnen würde, wo sodann das Joch dem Strom eine gröſsere Angriffsfläche darbietet, so lasse man, vor dem Eintritt des Eisganges, durch die stehende Eisdecke

35 *

*) Eine solche eiserne Schiene ist den sogennnnten Eisböcken, wobey eine schräg liegende Deckschwelle auf einer Pfahlreihe, die vor dem Joch, aber mit demselben in einem Allignement steht, in welchem die vordern Pfähle tiefer als die hintern abgeschnitten sind, weit vorzuziehen, weil der Eisbock oder Eisbrecher in einer schrägen Richtung von den Eismassen angegriffen werden kann. Alsdann ist des Joches Beschädigung eine unausbleibliche Folge von des Eisbrechers Umsturz. Die Eisschiene (Fig. VI. Tab. 122.) sollte daher überall, wo man Eisböcke für nöthig erachtet, angebracht werden. Sie werde drey bis sechs Centner schwer, aus Eisen, und zwar aus zwey Blättern gegossen.

2 — 3, mit einem eisernen Schuh versehene Pfähle, vor das Joch hinab, ramme dieselbe 3 — 5 Schuh in den Grund und befestige sie an der Kronschwelle des Joches; verstärke auf diese Weise das Joch selbst, so, dafs es dem Eisgange widersteht. Ist dann dieser vorüber, so hebe man diese Pfähle, welche man *Eisstecken* oder *Eispfähle* nennt, wieder heraus, damit das von den Hochgewässern des Sommers herbeygeführte Treibholz sich nicht daran anlege, welches, wie gesagt, den Strom aufhält, und dessen Angriff auf das Joch verstärkt. Diese Maafsregel habe ich bey den auf dem Inn stehenden Jochbrücken, mit dem befsten Erfolge, anwenden lassen. Auch ist es in kalten Wintern, sobald die Flüsse zugefroren sind, und auch im Sommer, wenn die Flüsse hoch anschwellen, nothwendig, die gewöhnlichen Joch- und Pfahlbrücken, oder auch die baufälligen Brücken (über die Kronschwellen, das ist über die Joche) mit Steinmassen zu beschweren, damit dem auf die Joche ausgeübten Stofs begegnet werde. Diese Lasten werden nach dem Eisgange oder Hochgewässer fortgenommen, um den Brückenweg nicht zu schmälern. Ich habe dieses Mittel in Baiern bey vielen Brücken mit Nutzen angewendet. Jedes Joch in grofsen und schmalen Flüssen mag mit einer Last von 150 bis 200 Centner beschwert werden! Auf einigen Brücken läfst man Steinkasten stehen, wie z. B. auf der Brücke von Magdeburg, welche dann ein Beweis von der schlechten Construction der Brücke sind, und den Fahrweg unbequem machen. Bey dieser Festung sollte, nach meiner Construction, eine eiserne Brücke erbaut werden, die man leicht auseinander nehmen kann.

§. 19. Die Anzahl der am obern Ende 12 bis 16 Zoll starken Pfähle eines Joches richtet sich nach der Breite der Brücke, der Anzahl und Schwere des Fuhrwerkes und der Geschwindigkeit des Flusses. Man sollte nie unter 7 Pfähle gebrauchen, stets den obern und untern Pfahl schräg einrammen, und sie, bey 26′ breiten Brücken, bis 13 vermehren, dann aber, wie gesagt, stromaufwärts und stromabwärts 2 bis 3 Pfähle schräg stellen. Doch nehme man an den vorhandenen alten Jochbrücken kein Beyspiel! Das in Fig. VII^{b} Tab. 119. dargestellte Joch, welches von der von *Cäsar* erbauten Brücke ähnlich ist, diene nur zu Interimsbrücken, wie deren über die Donau bey Vohburg, über die Vils zu Vilshofen, und an andern Orten gemacht wurden, und welche man vor dem Eintritt des Eisganges heraushebt. Ihre Breite beträgt auch nur 14 bis 15 Schuh.

§. 20. Sind die Pfähle eines Joches eingerammt, so werden daran Zapfen geschnitten, und auf diese Pfahlreihe eine mit Zapfenöffnungen versehene Schwelle gelegt, die man in Fig. 4. und 5. Tab. 112. deutlich erkennt. Man nennt sie die *Kron-Deck-*, auch *Jochschwelle*. Sie sollte 16 — 24 Zoll hoch seyn, aus Lerchen, Kiefern, oder noch besser, aus Eichenholz bestehen, damit sie nicht in kurzer Zeit fault, indem sie dem durch den Fahrweg dringenden Regen oft ausgesetzt ist. Aus den drey ersten Holzgattungen sollten auch die Jochpfähle bestehen, aber die Beschränktheit der Bauetats läfst diefs selten zu.

§. 21. Zu demjenigen, was ich von den Jochen vorgetragen habe, will ich noch die Bemerkung hinzu fügen: dafs man zur Vermehrung ihrer Stabilität, die Joche verschaalen, und die Zwischenräume der Pfähle mit Kiesel und Mörtel füllen könne, wenn sie mit einer Umgebung, die die Füllmasse nicht herunterläfst, versehen werden; 2tens kann man die ein Joch bildenden Pfähle über einen der geringen Wassertiefe wegen zu erreichenden felsigten Grund auf einen liegenden Rost, auf denselben einen mit Steinen ausgefüllten in Fachwerke abgetheilten Kasten legen, und sowohl in dessen Grundschwelle, als in der obern Schwelle die Jochpfähle einlassen; in die erstere gehen dieselbe hinein und durch die letztern gehen sie hindurch. Statt eines solchen Kastenwerkes und des darin eingesetzten Joches ist es indessen weit zweckmäfsiger und ökonomischer, einen steinernen Pfeiler über einen irregulären und auszufüllenden auf dem Felsen zu legenden Schwellrost, aufzuführen.

§. 22. Sind die Joche einer Brücke mit der auf die Pfähle eingezapften Kronschwelle, welche, vermöge ihrer Schwere, deren Stabilität befördert, bedeckt: so werden die Strafsenträger, das sind diejenigen Balken, welche die den Fahrweg bildenden Deckhölzer tragen, darüber gelegt. Gewöhnlich legt man sie dergestalt auf die Joche, das immer einer, einige Schuhe über das Joch hinüber reicht, aber zwischen zwey Strafsenträgern inne liegt. Ist die Jochschwelle aber 18 Zoll breit, oder werden die Strafsenträger über steinerne Pfeiler gelegt, so ist es besser, wenn man einen Strafsenträger an den nächsten anstofsen läfst, und zwischen beyden einen Keil eintreibt. Auf diese Weise wird die Spannung aller Strafsenträger bewirkt, und die über die Brücke fahrenden Lastwagen drücken nicht so stark auf die einzelnen Strafsenträger, indem ihre Wirkung auf alle sich ausdehnt; daher wird auch das Schwanken oder die Oscilation dieser Balken verringert. Am allerbesten ist es, und besonders, wenn die Jochpfähle aus festem Holze bestehn: dafs man die Strafsenträger (Fig. IV^b Tab. 119.) zwischen der Kronschwelle *A* und eine Deckschwelle *c* einschliefst, und beyde Schwellen, mittelst vier Schrauben, zusammenzieht. Hiedurch wird nämlich das Tradvermögen der Strafsenträger, nach der Erfahrung, um $\frac{1}{3}$ verstärkt; defswegen bringe man auch in der Mitte breiter Jochöffnungen unter den Strafsenträgern eine Schwelle an, schneide darin das für diese Balken (Strafsenträger) erforderliche etwa drey Zoll starke Lager ein und befestige diese Schwelle, mittelst Schrauben, an drey Strafsenträgern, nämlich an den mittlern und an jeden Seiten-Strafsenträger. Vermittelst dieser Spann- oder Tragschwelle wird die Schwingung des Brückenweges vermindert, und der Druck der Last auf das ganze Jochfeld regelmäfsig vertheilt. Bey grofsen Jochweiten müssen nun die Strafsenträger auf einen Schuh weite des Jochfeldes, drey Linien in der Mitte, stark seyn, so, dafs man Bäume von 90 Schuh zu den daraus zu machenden Strafsenträgern von 60 Schuh Länge wird nehmen müssen, welches sehr kostbar ist.

§. 23. Damit die einzelnen Stützpfähle oder die Pfahlreihe des Joches nicht vom Strom oder den Eismassen einzeln angegriffen oder in Schwimmung versetzt werden können, so schliefst man das Joch, je nach der Tiefe des Stromes und der Länge des aus den Grund herausstehenden Pfahltheils, zwischen zwey oder mehreren 12 — 14 Zoll starken, an die Jochpfähle mit grofsen Nägeln zu befestigenden Gurtungen *K l* Fig. IV^{b} Tab. 119. ein; diesen gebe man aber defswegen eine horizontale Lage, damit die Eismassen und der Strom längs denselben hingleitet. Ich bin daher keineswegs für die in Fig. 12. Tab. 110. und in mehrern Gerüstjochen dargestellten Kreuzverbindungen, die man häufig bey den Jochbrücken antrift, und die nur bey Gerüsten zu den Bogenbrücken, oder bey solchen Pfahl-Brücken, welche man vor dem Eisgenge wegnimmt, angewendet werden sollten.

Endlich bemerke ich noch, dafs es zum festen Stande des Joches, in tiefen Flufsstellen, nützlich sey: um dasselbe herum, Senkfaschinen oder grofse Steine zu werfen oder einen Faschinenbau zu versenken, durch den letztern erst die Pfähle zu rammen, denselben dann mit grofsen Steinblöcken zu beschweren; eine Maafsregel, die jedoch kostbar ist, daher selten angewendet werden kann.

§. 24. Die Jochpfähle können vierkantig behauen werden, wenn man sie nicht ihrer Stärke wegen zwischen die Läufer der Ramm-Maschine bringen kann, sonst läfst man sie rund, entblöfst sie daher blos von der Rinde. Im ersten Fall behauet man sie so weit sie über den niedrigsten Wasserstand hervorragen, weil sie weiter abwärts niemals für die Ramm-Maschinen zu stark seyn können. Diefs ist auch defswegen gut, weil der davon gehauene Splint alsdann fault, wenn das Holz bald nafs bald trocken wird.

Wird ein im II. Bande Seite 413 (Fig. 65. 66. 67. Tab. 85.) beschriebener Rammklotz, den ich nicht genug empfehlen kann, folglich nur ein Läufer gebraucht, so kann man die dicksten Rammpfähle vor der Ramm-Maschine setzen, welches zwey nahe gestellte Läufer (F. 12. T. 110.) nicht zulassen. Schon in dieser Rücksicht ist jene Einrichtung, bey welcher der Rammklotz durch Anbringung 3 Zoll dicker und 5 Zoll hoher eiserner Ringe, 8 Centner schwer und noch schwerer gemacht werden kann, sehr nützlich. Dabey mufs der Läufer, so oft es nothwendig ist, mit Seife und Fett geschmiert werden, um ihn nicht zu sehr zu erhitzen, und die Reibung der in den Rammklotz angebrachten Oeffnung, längs dem Läufer, zu vermindern, folglich die Kraft der rammenden Arbeiter zu vergröfsern. Zu diesem Zwecke habe ich die in der Note §. 13. erklärte Einrichtung mit dem besten Erfolge angebracht.

§. 25. In so fern die Strafsenträger *D* (Fig. XI. Tab. 122.) den wesentlichsten Theil der hölzernen Brücken ausmachen, weil sie den Fahrweg *c*, folglich die über die Brücke gehenden Fuhrwerke tragen, und die Jochfelder, wegen der Schifffahrt und den Eisgang, so weit als möglich auseinander gestellt werden sollten: so kann man für ihre Erhaltung nicht genug besorgt seyn. Um zu erkennen, ob sie in Fäulnifs

übergegangen oder schadhaft sind, mufs der Fahrweg, d. i. die eigentlichen Deckhölzer *c* aufgenommen werden. Tritt hiebey ein Versehen ein, so können die guten Strafsenträger mit den verfaulten brechen. Man hatte ehemals dieselben nur oben und unten etwas flach behauen, und an den Seiten dem Holze den Splint gelassen. Es ereignete sich daher nicht selten, dafs sie binnen vier bis fünf Jahren mit neuen ersetzt werden mufsten. Um die hiedurch verursachten Kosten zu ersparen, habe ich in Baiern verfügt, dafs alle Strafsenträger der Brücken so behauen werden sollten, wie der Durchschnitt *D*, Fig. XI. Tab. 122. zeigt, damit das Wasser davon abläuft. Vor dem Gebrauch werden sie, besonders oben, betheert.

Die Anzahl und Stärke der Strafsenträger hängt von den Jochweiten und von der Schwere des Fuhrwerkes ab. Man sollte indessen immer auf das schwerste Rücksicht nehmen, wenn die Brücke in der Richtung einer Chaussee liegt. Sieben Strafsenträger sollte man wenigstens wählen, wenn dieselben in der Mitte 12 — 14 Zoll dick, und die Jochfelder 45 Fufs weit sind. Man kann bey frequenten und 26 Fufs breiten Brücken und weitern Jochfeldern 11 bis 13 legen, im Allgemeinen aber so viel Strafsenträger, als Jochpfähle eingerammt sind, annehmen. Diese Regel ist bisher selten in Anwendung gekommen, denn man hat bey grofsen Oeffnungen nur wenig Strafsenträger genommen. Endlich mufs ich noch bemerken, dafs man über weite Jochfelder die Strafsenträger legt oder einzieht, wenn man zwey zur Hälfte vorwärts schiebt, dieselben hinten befestigt und auf denselben einige Walzen legt, über diese hin aber einen Strafsenträger, bis zum nächsten Joch, bewegt, wo ihn dann Zimmerleute (vermittelst Seile) anziehn und auf das Joch legen.

§. 26. Die Landjoche einer Jochbrücke dienen zugleich zur Zurückhaltung des Erdreichs; man kann sie aus einer vorne von zwey oder vier eingerammten Pfählen gehaltenen Balkenwand, oder wenn das Ufer flach abgeht, aus einer Pfahlreihe bestehen lassen. Statt diesen kann man auch eine Mauer errichten; diese verdient defswegen den Vorzug, weil die an Erdmassen sich anschliefsenden Holzwände bald verfaulen.

§. 27. Ueber die Strafsenträger werden die Dechölzer *c* (Fig. XI. Tab. 122.) gelegt, die aus drey und sechs Zoll dick geschnitten oder behauenen Planken bestehen, und so viel als möglich ausgetrocknet seyn sollten, um späterhin keine Zwischenräume zu machen, und der Fäulnifs möglichst zu widerstehn. Sind dieselben dicht neben einander gelegt, und an den Seiten nach dem Schnurschlage abgeschnitten, so werden sie noch mit hölzernen Keilen, die man mit dem Handschlägel in die Zwischenräume schlägt, näher zusammengetrieben. Diese Keile werden dann wieder herausgeschlagen, und 20 — 30 Deckhölzer weiter, von Neuem, eingetrieben. Gewöhnlich läfst man die Deckhölzer weit über die Strafsenträger unregelmäfsig hinausstehen, welches ein schlechtes Ansehen giebt; auch werden sie dann hin- und her geschoben, so, dafs nicht selten Löcher in dem Brückenwege entstehen.

Man sollte daher, auf beyden Seiten der Deckhölzer, ein zur untern Hälfte eingeschnittenes Holz *T* (Fig. XI. Tab. 122.) legen, so daſs zwischen swey solchen auf die Straſsenträger befestigten Seitenhölzer (Fuſsbäume) die Deckhölzer genau eingeschlossen sind. Man kann auch längs den Fuſsbäumen, auf die Deckhölzer, eine dünne Latte nageln, und diese Hölzer an diese Bäume blos anstoſsen lassen. Ueber einen solchen Fuſsbaum und gegen die Geländer angebrachte Klötze *F* kann ein aus Brettern gelegtes Trottoir *A* gebildet werden, so daſs also die Länge der Deckhölzer nur 12 bis 24 Zoll die Breite des Fahrweges übertreffen darf. In der Nähe der Städte und Ortschaften sollte man stets vier bis sechs Schuh breite Trottoirs anbringen und die Breite der Jochbrücken zu 24 bis 30 Schuh machen. Alles dieses habe ich in Baiern durch erlassene Generalien vorgeschrieben und auszuführen gesucht.

§. 28. Ich erwähne nichts von dem Geländer, weil dieses ganz einfach seyn kann, aber die wichtigste Bestimmung, nämlich die Entfernung der Joche darf nicht übergangen werden. Ich will daher erst in dieser Hinsicht wirklich angelegte Brücken anführen, woraus sich die Bemerkung ergiebt, daſs der Bau und die Construction der hölzernen Brücken bisher nach schwankenden Ansichten, ohne dabey feste Maximen aufzustellen, geführt worden ist. Man versäumte gänzlich die Tragbarkeit der verschiedenen Holzgattungen zu untersuchen, und gieng öfters mit einer unnöthigen Furcht oder mit Unbedachtsamkeit, welche allemahl aus Mangel einer anwendbaren Theorie und einer verständigen Erfahrung entstehn, zu Werke; ja man erbauete schwere Hängwerke oder Sprengwerke, wo bloſse Jochbrücken, wegen den geringen Jochweiten, hinlänglich stark gewesen wären. Wir wollen dieſs an mehrern Beyspielen zu zeigen suchen.

Bey der Donaubrücke zu Passau hat jeder der zwölf Jochfelder eine Weite von 58 bis 60 Schuh. Das Joch besteht nur aus vier, zwey bis sechszehnzölligen lothrecht schlecht eingerammten Pfählen, und zwey bis vier Schrägpfählen, die beynahe an die zwey letztern vertikal stehenden, anstoſsen. Die Pfähle stehen nur sechs bis 8 Fuſs in dem Boden, und sind mit einer 14 bis 16 Zoll hohen Kronschwelle gedeckt. An jedem Joche ist blos eine Kreuzverbindung angebracht, wie wir bey der Gerüstbrücke Tab. 109. sehen. Ueber jedes Jochfeld liegen sechs in der Mitte 15 Zoll dicke aus Fichtenholz bestehende runde Straſsenträger, und die Geländer sind von alten Rundbäumen, die auf Stützen liegen, gebildet. Diese 18 Schuh breite Passauer Donaubrücke bewegt sich zwar sehr, selbst bey dem Tritt vieler Fuſsgänger, aber dennoch halten die unter der Brückendecke gelegten Straſsenträger, alle darübergehenden Lasten vollkommen aus; aber den Eisgängen hat diese Brücke niemals widerstanden, so, daſs sie unzählige Mahl von Neuem erbaut worden ist. Da die Pfähle in den Felsgrund nicht tiefer als 18″ eindringen können, so habe ich vorgeschlagen, hier eine Bogenbrücke zu erbauen, aber die unglückliche Idee, welche die Befestigungen bey Passau hervorbrachte, hat diesen Entwurf unausführbar gemacht. Man

sollte daher steinerne, sechs Schuh dicke Pfeiler, auf 100 Fuſs Abstand, aufführen, und aus einem Kreisstück bestehende Hängwerke zu jedem Jochfeld anwenden, worüber ich bey der Construction dieser Bauart mehr sagen werde. Um indessen die bey ähnlicher Jochweite (von 58 bis 60′) statt findenden Schwingungen zu verhindern, dürfte man nur zwey Tragschwellen, auf einen Abstand von einem Drittheil des Jochfeldes, unter die Straſsenträger, legen, und jeden Straſsenträger vier Zoll in diese Schwellen einlassen, welche mit den beyden Endestraſsenträgern und dem Mittelträger, durch Schrauben, in Verbindung gebracht werden. Es sind jedoch nicht die Straſsenträger einzuschneiden, sondern die Tragschwellen, welche man, wo möglich, von Eichenholz machen muſs. Ferner müssen, die Enden der Straſsenträger zwischen der Kronschwelle, und eine Deckschwelle eingespannt werden und dann müſste man Neun bis Eilf, 14 Zoll dicke Straſsenträger auf gemauerte Pfeiler in einer Schwelle einlassen, um die Brücke 24 Schuh breit zu machen. Auch auf diese Weise wird eine dauerhaftere Brücke als die jetzige, welche fast jedes Jahr von dem Eise fortgeführt wird, entstehn, und die Oscillation der Straſsenträger und ihr Biegen nach der Mitte verhindert.

Ein anders Beyspiel von groſsen Jochweiten und wenig Straſsenträgern zeigt die beym Dorfe *Markl* in Baiern über den *Inn* stehende 16⅔ Fuſs breite, und 480 Fuſs lange Brücke, die selbst den Eisgängen Widerstand geleistet hat. Sie besteht aus acht Jochen, wovon jedes 8 bis 9 vertical stehende und 3 bis 5 schräg stehende Pfähle hat, die 10 bis 13 Fuſs in den Kiesgrund, mit einem 7 Centner schweren Rammklotz eingerammt sind. Diese Joche stehen auf 50 bis 59 Fuſs Abstand, und über ihre Schwellen liegen sieben in der Mitte 14 bis 15 Zoll dicke Straſsenträger von Fichtenholz. Die Wassertiefe beträgt 8 bis 13 Fuſs beym niedrigsten Stande des Pegels.

Die Schärdinger Innbrücke, deren Länge 855 Fuſs 3 Zoll ausmacht, besteht statt der Joche aus Eilf gemauerten 10 — 18′ 10″ dicken Pfeilern, und die Jochweiten messen 50 bis 92 Fuſs, dennoch sind nur sieben in der Mitte 15 Zoll dicke Fichtene Straſsenträger gelegt, die mit ihren Enden gegen einander stoſsen. Auf die gröſsten zwey Jochfelder, wovon das eine 83 und das andere 92′ miſst, ist bey jeden Pfeiler ein 12′ vorstehendes Sprengwerk angebracht. Diese Brücke wird von den schwersten Lastwägen befahren, und nach genauen Beobachtungen biegt sich darunter der Brückenweg in der Mitte drey Zoll, ohne daſs die Straſsenträger brechen, so, daſs man bey den mit 8 Pferden bespannten Lastwägen auf jeden Straſsenträger ein Gewicht von 50 Centner rechnen kann.

Die *Braunauer-Innbrücke* besteht aus 15 Jochen, wovon jedes 12 Pfähle hat, die Weite der Jochfelder beträgt 54 bis 71 Fuſs; jedes Jochfeld ist mit sieben fichtenen Straſsenträgern, 18 bis 20 Zoll in der Mitte im Durchmesser stark, bedeckt. Während ein mit sechs Pferden bespannter Lastwagen über die Brücke fuhr, dessen

Last mit den Pferden 180 Centner betrug, war an den Seiten-Strafsenträgern ein bis zur Oberfläche des Wassers reichender Pendel angehangen. Dieses Pendel tauchte 3 ½ Zoll ins Wasser; so viel bogen sich also die Strafsenträger unter diese Last, von welcher auf jeden Strafsenträger, ohne die Brückenbedielung und das Geländer zu rechnen, beynahe 36 Centner kommen. Sehr oft gehn aber über diese Brücke mit 12 Pferden bespannte Lastwägen und es kommen dann auf die Strafsenträger über 50 Centner. Es ist die Passage solcher schweren Lastwagen für diese Brücke äusserst gefährlich, und die Zollbeamten sollten solche schwere Wagen, der Chaussee wegen, nicht passiren lassen, und diese Brücke wird so nicht mehr lange stehen bleiben können. Aber was kümmern sich die Zollbeamten um die Schonung der öffentlichen Werke!

Die bey Plattling über die Isar in Baiern stehende 685 Schuh lange Brücke hat ihre Joche aus fünf lothrecht, vorne aus drey, und abwärts aus zwey schräg stehenden Pfählen, und längs den ersten geht eine Gurtung. Sechs Strafsenträger machen den 15 Schuh breiten Brückenweg der 42 bis 44 Schuh weiten Jochfelder aus.

§. 29. Aus diesen Erfahrungen können wir die Regel abstrahiren, dafs bey 15″ (in der Mitte) starken Strafsenträgern, bey Anbringung von zwey Tragschwellen und bey Einschliefsung der Strafsenträger an ihren Enden zwischen der Kron- und Deckschwelle, die Jochfelder, selbst beym schwersten Fuhrwerke, eine Weite von 45 bis 54 Schuh erhalten können, ohne dafs Spreng- oder Tragstreben, welche sich an eine Jochgurte und an den unter den Strafsenträgern angebrachten Schwellen anstützen, d. i. ein Sprengwerk, nothwendig sey. Beym Lerchenholz kann diese Weite 62 Schuh betragen. Sind die Strafsenträger nur 12 bis 14 Zoll stark, so müssen zwischen den zwey Schwellen und den Jochen ein Paar Windruthen, also in einem jeden Jochfelde drey Paar Windruthen angebracht werden. Sind sie noch schwächer, so mufs man den zu beyden Seiten der Brücke liegenden Strafsenträger aus zwey übereinander mit Schrauben zu verbindenden und zu krümmenden Hölzer bestehen lassen, und dann darunter zwey Tragschwellen und einige Windruthen Fig. A Tab. 131, anbringen.

§. 30. Wie schwach einige Jochbrücken angelegt werden, beweist die über der Donau bey Neustadt in Baiern ebemals gestandene Brücke Fig. VII^b Tab. 119. Sie hatte an jedem ihrer 25 Joche nur zwey vertikalstehende und vier schräg stehende Pfähle, welche 8 Fufs in den Grund standen; dennoch hatten die mit sieben Strafsenträgern belegten Jochfelder 40 Schuh Oeffnung, und nur die Eisgänge haben sie, nicht aber der Strom, zerstört.

Zweitens: *Von den bey Brücken angebrachten Sprengwerken, und von den Hängwerken.*

§. 31. Ein *Sprengwerk* unterstützt das Gebäude vermittelst Streben von unten auf, oder seine Hauptträger haben in der Mitte eine Erhöhung, und diese Streben nennt man Sprengstreben; die nach diesen Methoden erbaueten Brücken aber im Allgemeinen *gesprengte Brücken.* Stützen sich die zwey gegenüberstehenden Streben $a\,b$ oben an einen unter dem Straſsenträger $c\,d$ liegenden Balken $e\,f$, so heiſst dieser der *Spannriegel.* Je kleiner der Winkel x ist, desto gröſser ist die Tragkraft der Strebe $a\,e$.

Gewöhnlich hat man bey den Sprengwerken eine Holzverschwendung angebracht, ohne die Tragkraft der Brücken zu verstärken. So hatte z. B. die ehemalige Bogenhauser Brücke bey München, Jochweiten von 48 Schuh, und dennoch Sprengstreben, deren fünf von jedem Joche ab, nach beyden Seiten bis zu einer unter die Straſsenträger, rechtwinkelig mit denselben, liegenden Tragschwelle giengen, und diese zwey Tragschwellen eines jeden Jochfeldes waren, mittelst Schrauben, an drey Straſsenträger befestigt. Weit zweckmäſsiger würde es gewesen seyn, wenn man nur die zwey Tragschwellen angebracht, wie ich dies bey der Passauer Donau-Brücke gezeigt habe, und die Sprengstreben weggelassen hätte. Bey dieser Bogenhauser Isarbrücke, an deren Stelle ich vor zwey Jahren eine aus drey Bögen von 124 Schuh Oeffnung bestehende Bogenbrücke erbauet habe, bildete jedes Joch und Jochfeld, vermittelst den erwähnten Sprengstreben, eine Art von Bock, daher solche Brücken auch *Bockbrücken* heiſsen. Aehnlich dieser ist die zwischen Lechhausen und Augsburg stehende Brücke, wie auch die zwischen Augsburg und Friedberg gestandenen und von mir zur dortigen Bogenbrücke als Gerüste gebrauchten (Tab. 110. Fig. 12.) Joche construirt *). Wiewohl die Joche der Lechhauser-Brücke auf 35 Fuſs Abstand stehen, so hat man dennoch eine solche dem Hochgewässer ausgesetzte Bauart gewählt!

§. 32. Ein *Hängewerk* ist diejenige Zimmerverbindung, bey welcher auf dem *Haupt-* oder *Spannträger* $a\,b$ (Fig. B. Tab. 131.) den man an jeder Seite einer Brücke anbringt, um darauf Tragschwellen c, c zu legen, auf welchem nun die Straſsenträger $d\,d$ ruhen, und die die *Hängesäulen* $f\,g$ und $h\,i$ lothrecht stellt, welche mit dem *Spannriegel* $f\,h$ in ihrer Stellung auseinander, mit den *Spann-* oder *Stützstreben* $a\,f$ und $b\,h$ in ihrer Richtung gehalten werden. Die Last oder der Druck wird also auf die Puncte a und b vertheilt. So lange demnach die Streben $a\,f$ und $b\,h$ nicht weichen, können sich die Hängesäulen, welche den Spannträger in seiner Lage hal-

*) In dieser Figur sind jedoch die Sprengstreben nicht angedeutet, weil ich sie wegen der zum Gerüste erforderlichen Erniedrigung der Joche hatte wegnehmen lassen. Diese Brücke hatte eilf Joche, welche 38 Schuh entfernt standen. Die Sprengstreben waren also gegen eine Jochgurtung angestemmt und gegen eine unter den Straſsenträger liegende Tragschwelle gestützt.

ten, nicht sinken, folglich behält dieser seine ursprüngliche Lage. Es dürfen daher die Spannstreben niemals unter einem so kleinen Winkel angebracht werden, bey dem sie nicht mehr gehörig wirken, und man mufs durch eine Krümmung des Spannträgers der Verbindung zu Hülfe kommen, das ist, denselben eine Sprengung geben.

Diese im Allgemeinen von den Hängewerken gegebene Erklärung habe ich vorauszuschicken für nothwendig erachtet, bevor ich die Hängewerke weiter erörtere. Bey grofsen Brücken kann man den ganzen Baukörper mit den einzelnen Sprengstreben nicht genug Stabilität geben; es müssen defswegen diese Streben aus zwey ineinander verzahnten Balken bestehen, das Hängewerk ist aber noch mit einem Sprengwerk (Tab. 106.) zu unterstützen, und den zweyen Spannträgern eines Jochfeldes, in der Mitte, eine Steigung zu geben. Wer diese letztere zwey Hülfsmittel nicht anwenden will, mufs die Hängesäulen sehr hoch machen, um die Sprengstreben steil zu stellen, und dann kann er nicht anders, als die, aus solchen Hängewerken bestehenden zwey Seitenwände eines Jochfeldes, mit einem Dach zu verbinden. Diese ein plumpes, ich möchte sagen, monströses Ansehen gebende Construction ist bey den Hängewerken in der Schweiz und in mehrern Ländern angewendet. Dieselben bieten überdiefs dem Winde so grofse Flächen dar, dafs er sie aus dem vertikalen Stande bringt.

§. 33. Bis jetzt wurden auch die Hängewerke bey geringen Jochweiten häufig angewendet, wiewohl man mit den Jochen allein dem Endzweck hätte entsprechen können. Selbst geschickte Ingenieurs zeigten dabey wenig Erfahrung im Brückenbau, und wandten sehr kostspielige Häng- und Sprengwerke an. So erbaute *a*) der Ingenieur *Lamblardie* eine mit Sprengwerken versehene Brücke zu *Dieppe*, deren Oeffnung nur 25 Schuh betrug; *b*) die Brücke zu *Cahors* hat bey der Oeffnung von 70 Schuh ein grofses Sprengwerk; *c*) noch auffallender ist dies bey der Brücke zu *Lyon*, weil bey den kleinen Oeffnungen von 36 Schuh, Sprengwerke angebracht sind, und bey den von *Palladio* über die *Brenta* erbauete Hängwerks-Brücke; *d*) die Brücke zu *Savines* hat bey einer Oeffnung von 70 Schuh ein grofses Hängewerk; *e*) die Brücke von *Mellingen* über den Reufsflufs in der *Schweiz*, deren Oeffnung 170 Schuh beträgt, hat ein grofses Hängwerk, worin sieben gerade Stämme, des besten Holzes, auf einander liegen, und die einzelnen Hölzer sind nicht gekrümmt, sondern blos als ein Hängewerk angebracht. Wie schwerfällig und kostspielig ist dasselbe nicht, wenn man mit der eben so grofsen auf Tab. 123. dargestellten Bogenbrücke, die ich bey Neuburg über die Donau erbauet habe, vergleicht?

Verbindungen von Häng- und Sprengwerken, selbst bey kleinen Oeffnungen, findet man auch in den Entwürfen von Palladio, und bey den in Würtenbergischen, in Sachsen und Frankreich ausgeführten Brücken. Die vor vier Jahren erbauete Kehler-Rheinbrücke, wovon ich ein Modell besitze, giebt hiervon das neueste Beyspiel. Jedes Jochfeld besteht aus achtzehn Sprengstreben und sechs und dreyfsig Hängsäu-

len, welche erstere von letztern umschlossen sind. Die Breite eines jeden Jochfeldes beträgt zwey und vierzig Schuh. Jedes Jochfeld hat, mit Inbegriff der Joche, zwey hundert zwey und vierzig Schrauben von drey Fuſs Länge und darüber. Da diese Brücke aus acht und zwanzig Jochfeldern besteht, so wird die Anzahl der Schrauben sich auf sechs tausend sieben hundert und sechs und siebenzig belaufen.

§. 34. Solche kostspielige Bauarten sollte man, selbst bey weit gröſsern Oeffnungen, niemals anwenden, wie die Erfahrung bey vielen hundert Jochbrücken zeigt. Wenn man nach den vorne vorgeschriebenen Maximen die Jochpfähle einrammt, gesundes Holz und die von mir bestimmte Anzahl hinreichend starken Straſsenträgern anwendet, und nach dem §. 13 bis 27. verfährt, so wird man bey Jochweiten von 54 Fuſs auch sichere Jochbrücken erbauen. Man wird die Sprengwerke deſswegen soviel als möglich zu vermeiden suchen, weil sie selten über das Hochgewässer gestellt werden können, indem man sie wenigstens unter einem Winkel von 45 Grad anbringen muſs, um ein bedeutendes Tragvermögen auszuüben. Reichen sie einige Schuhe unter dem höchsten Wasserstande oder dem Eisgange hinab, so werden sie dem Angriff des Treibholzes und der Eismassen ausgesetzt, und von denselben abgestoſsen; ein Fall, der in Baiern fast immer eingetreten ist. Widerstehen sie diesen Angriffen, so werden nicht selten die Joche selbst beschädigt. Man muſs sie daher, vermittelst groſser Schrauben, wie ich bey der Landsberger Brücke Fig. I. Tab. 106. gethan habe, zu halten suchen, und so hoch als möglich stellen. In diesem Betracht vermeide man also die gewöhnlichen Sprengwerke gänzlich. *Gilly* in seinem Grundriſs der Vorlesungen hat also Seite 111 und 112 einen für die Ausübung sehr nachtheiligen Satz aufgestellt, wenn er behauptet: „daſs die Jochfelder der ordinären Jochbrücken höchstens nur *zwanzig* Schuh weit seyn dürfen, und daſs man, bey groſsen Oeffnungen, Spreng- und Hängewerke anbringen müsse," dieſs beweiſst, daſs man noch vor zehn Jahren keine richtigen Grundsätze über den Bau hölzerner Brücken hatte, und wie wenig man sich von der Erfahrung belehren lieſs, oder die bestehenden Brücken beobachtete. Ich lasse die engsten Jochfelder 36 Fuſs weit machen, und die weitesten 55 Fuſs! Selbst alle Jochbrücken, deren Jochfelder nur 30 Schuh weit und mit neun Straſsenträgern belegt sind, werden mit einer vier Zoll hohen Kiesdecke bedeckt, und tragen dennoch die gröſsten Frachtwägen. Auch will dieser Author schon bey den Sprengwerken unbedingt gemauerte Widerlager haben, die zwar bey allen Brücken gut, aber nicht durchaus erforderlich sind.

§. 35. Zu den Sprengwerken gehören auch die aus verzahnten geradelinigten Balken bogenförmig zusammen gesetzten Zimmerungen, wovon ich zwey der merkwürdigsten erwähnen will. Das erste *Sprengwerk* hat *Perronet* in seinem Werke zu einer hölzernen Brücke entworfen, wovon jede Oeffnung sechs und neunzig Schuh haben, deren Höhe neun Schuh betragen, und die in Paris über die Seine erbauet werden sollte. In jeder Oeffnung würden sechs, aus drey verzahnten Balken beste-

hende Spannträger angebracht worden seyn, wovon jeder Spannträger mit 4 Hängesäulen zu 15 Zoll Breite und 18 Zoll Dicke hoch seyn, so, daſs jeder Träger aus 5 solchen Balken der Länge nach, und aus fünfzehn in allem, besteht, weil drey Balken aufeinander liegen, wovon der obere und untere Balken mit fünf 1 ½ Zoll tiefen Zahnschnitten, in dem mittlern Balken eines jeden Schwellenfeldes, eingelassen ist. Durch jeden solchen Balken sollten drey, achtzehn Linien starke, eiserne Schrauben gehen, um dieselben zusammen zu halten. Mit einer geringen Abänderung ist nach dieser viel Holz und Schrauben erfordernden Brücke die *weiſsgerberbrücke* zu Wien erbaut, welche zwey Oeffnungen, jede zu hundert zwey und zwanzig Schuh hatte. Ihr Bau dauerte vier Jahre, und kostete über viermal hundert tausend Gulden; eine Summe, wofür man acht Bogenbrücken, nach meiner Construction, hätte erbauen können, wenn das Holz in Baiern gekauft worden wäre. Sie ist im Kriege 1809 abgebrannt, und bis jetzt nicht wieder hergestellt worden. Füglich könnte man sie, nach meiner Construction, mit 30,000 fl., aber schöner und dauerhafter wie zuvor, errichten; weil die Widerlager und die Pfeiler noch stehn.

Das zweyte groſse Sprengwerk ist in Paris von den Ingenieurs Demoustier und Duvivier (1802 und 1803) bey der Brücke de la Cité ausgeführt. Man findet sie in dem Journal polytechnique und in Schulzens Beyträgen zur Wasserbaukunst, dargestellt. Sie hat zwey Oeffnungen, jede zu 97 Schuh, und der Radius der Bögen beträgt vier hundert Schuh. Die Widerlager und Pfeiler bestehen aus Mauerwerk von Werkstücken und Bruchsteinen. Erstere sind in Kasten gegründet. Vier 14 bis 18 Schuh lange geradlinigte, etwas krumm gehauene Hölzer sind aufeinander gelegt, und auf sechs Fuſs Entfernung mit einem eisernen Bande umgeben. Auf jeder Seite der Brücke liegt ein solcher, der Höhe nach aus vier gekuppelten Balkenstücken bestehender Hauptträger, welcher mit einem in das verschaalte Geländer angebrachten Hängewerk verbunden ist. Von einem solchen Seitenträger zum gegenüberstehenden gehen, alle zehn Schuh, zwey bogenförmig gekrümmte eiserne Stangen, zwischen denen 29 bis 30 Balken liegen. Durch jeden von diesen Balken und durch die zwey Stangen geht eine Schraube, und unter dem mittlern Balken ist eine eiserne Stütze angebracht, welche durch die untere eiserne Stange, durch den Schluſs- oder Mittlern-Balken, und durch die obere eiserne Stange geht, wo sie sich mit einer Schraubenwindung endet. Diese Stange steht auf einer andern horizontal liegenden, welche von einem Seitenträger bis zu dem andern reicht. Man sieht daher, daſs auch diese Brücke, welche nicht einmal ein Steinpflaster tragen kann, indem sie sich damit gesenkt hat, weshalb dasselbe wieder fortgenommen werden muſste, sehr viel Holz, Eisen und Arbeitslohn erforderte, und daſs dabey eben so wenig, als wie bey allen bisher in Frankreich erbauten hölzernen Brücken, auf die Verhindereng der Seiten-Ausbiegung von der Vertical-Ebene, auf die Krümmung der Bauhölzer, so wie auf Ersparniſs groſser Summen, Rücksicht genommen worden. Vorzüglich hindern die

eisernen Bänder, womit die Hauptträger umschlungen sind, dafs man die einzelnen Stücke dieser Träger, wenn sie trocken, mithin kleiner werden, nicht so, als mit Schrauben zusammenpressen kann. Diese Brücke hat sich dergestalt gesenkt, wie man es nach ihrer Construction und geringen Sprengung hätte voraussehen können, dafs sie nicht mehr von Lastwägen befahren werden kann. Ich habe dem Minister Montalivet die Zeichnungen ihrer Wiederherstellung übersandt. Nach meinem Plan sollte so verfahren werden: nachdem die sich gesenkte Brücke über eine Rüstung, vermittelst 20 Schraubensätze, unter jedem Bogen, gehoben wäre, sollten zwey Seiten-Rippen und in der Mitte zwey Diagonal-Rippen angebracht werden. Ich legte also die von mir bey Neuburg Tab. 122. ausgeführte Construction zum Grunde meines Vorschlages. Alsdann wollte ich die zwey jetzigen Seiten-Sprengwerke mit den neuen Seiten-Rippen, vermittelst Schrauben, verbinden, aus der jetzigen Brücke die bogenförmigen eisernen Stangen, so wie die vielen schweren Balken herausnehmen, und statt dem hölzernen hängwerksartigen Geländer ein elegantes eisernes anbringen.

Drittens. *Von den aus Hängwerken bestehenden Brücken.*

§. 36. Von den *Hängwerks-Brücken* kann ich jetzt um so kürzer handeln, als bereits die bey Errichtung der Joche eintretende Rücksicht und was ein Hängewerk ist, erklärt wurde; die beym Einrammen grofser Joche anzuwendenden Hülfsmittel aber, bey den Bogenbrücken ihren Platz finden.

In so fern bey den Hängwerken die obern Theile einer Zimmerverbindung alle untern Theile in ihrer zur Construction des Baues erforderlichen Lage halten, so sind sie nach einem und demselben Princip construirt. Man kann sich vielerley Abwechslungen bey der Stellung der einzelnen Theile und ihren Verhältnissen gegeneinander gedenken, und in Anwendung bringen.

§. 37. Da die Sprengstreben *m* (Tab. 106. Fig. 1.) in die Hängesäule bey *a* übereinanderstofsend eingelassen sind, und mittelst einer durch die Hängesäule und diese Streben gehende Schrauben, die man bey kleinen Hängewerken nicht anzubringen nöthig hat, unverrückt erhalten werden, so ist es klar, dafs, indem unter dem Hauptträger zweyer auf diese Art construirten gegenüberstehenden Hängewerke durchgehenden Tragschwelle, wovon der Queerschnitt oberhalb *s* angedeutet ist, in diese Hängesäule liegt, der Hauptträger selbst sich nicht senken kann, sobald seine Enden ein festes in die Stutzsäulen *a b* Fig. 1. und selbst in die Widerlager hinein anzuordnendes Lager haben. Die Spannstreben halten nämlich die Hängesäule und diese wieder die Tragschwelle. Kömmt man solchen grofsen Hängewerken, worin die Spannstreben flacher, als unter einem Winkel von 30 Grad liegen, nicht mit Sprengstreben *f* zu Hülfe, so biegen sich, nach meinen Beobachtungen, die Hauptträger abwärts. Dieser Winkel mag daher bey den blofsen Hängewerken 30 bis 45 Grad betragen!

Alsdann werden aber die Hängesäulen, bey großen Oeffnungen, sehr hoch und ihr Abweichen von dem verticalen Stande bewirkt; folglich muſs man eine Bedachung anbringen, um mit derselben, die beyderseitigen Hängewerke, zu verbinden. Diese Bedachungen verursachen aber nicht nur bedeutende Ausgaben, sondern bey der Passage über die Brücken, während der Schlittenbahn, groſse Nachtheile; überdieſs geben sie einen Zufluchtsort für Raubgesindel ab, weil die Brücke dadurch kein, oder wenig Licht hat.

Wer sich nun mit den bisherigen zwecklosen Constructionen bekannt machen will, der findet darüber in der bey Mechel in Basel herausgekommenen Beschreibung der drey merkwürdigsten Brücken in der Schweiz; in Schüblers Zimmermannsbaukunst, und in Kraffts: Plans Coupes et élevations de diverses productions de l'art de la charpente, so wie in vielen andern Schriften Aufschluſs. Nach meiner Ueberzeugung wünsche ich, daſs man solche Bedachungen gänzlich aus der Brückenbaukunde verbanne, weil man sie, wie ich bey der Landsberger Brücke (Tab. 106.) gethan, mit einer einfachen Construction oder mit den bogenförmigen Hängewerken gänzlich vermeiden kann, im Fall der niedrigen Brückenbahn wegen, nicht solche den Brückenweg tragenden Bögen, deren Construction im nächsten Capitel gelehrt wird, anwendbar sind. Alle die mit einem Dachstuhl verbundenen und hohe Hängesäulen habenden Hängewerks-Brücken, die ich in der Schweiz und Deutschland zu sehen Gelegenheit hatte, sind auch von ihrem ursprünglich verticalen Stande abgewichen. Dieſs ist leicht zu erklären, wenn man erwägt: daſs der herrschende Wind auf der einen Seite des Gebäudes stärker anstöſst, als auf der andern, und daſs die Sonne das Holz einer Wand der Brücke mehr, als das der gegenüberstehenden austrocknet. Diese Nachtheile solcher bisher angewandten Constructionen haben mich bewogen, sie nicht zu beschreiben.

§. 38. Nach meiner Erfahrung müssen bey Jochfeldern von 80 Schuh und gröſserer Weite die Hängesäulen (Fig. 1. Tab. 106.) auf 10 bis 14 Schuh Abstand gestellt, der Hauptträger aber mit Sprengstreben unterstützt werden, um von *m* und *o* ab die Spannstreben des Hängewerkes fortlaufen zu lassen. Diese Spannstreben vervielfache man je nach der Anzahl der Hängesäulen!

Damit nun alle solche Säulen einen festen Stand erlangen, und die Stabilität des Brückenkörpers entsteht, so ziehe man zwischen je zwey oder vier Schwellenfeldern, zwey Windruthen *w w* (Fig. 3. und 6.) ein, die ihre Benennung deſswegen erhalten haben, weil sie dem Gebäude einen groſsen Widerstand gegen die Wirkung des Windes geben. Bey groſsen Oeffnungen bringe man, wie bey der Landsberger Brücke, zwey Paar Windruthen übereinander. Ueberspannt das Hängewerk eine gröſsere Oeffnung als 60 Schuh, so muſs die Mitte *s* des Hauptträgers *g G* Fig. I., in der Mitte, über die Horizontallinie steigen, d. i. gesprengt werden, und zwar bey 60 Fuſs Oeffnung 6 Zoll, bey 70 Fuſs 9 Zoll, bey 80 Fuſs 18 Zoll, und dann bey

den zehn Fuſs gröſseren Oeffnungen 8 Zoll mehr. Hierdurch wird das Durchbiegen des Hauptträgers, den man bey einer 80 Fuſs weiten Oeffnung, und bey noch gröſsern Oeffnungen, aus zwey auf einander gelegten Balken bestehen lassen muſs, um ihm die erforderliche Steifigkeit zu geben, oder das dem Werke nachtheilige Setzen vollkommen verhindert. Kann man daher diese Höhe des Locals wegen nicht erreichen, so ist dem Hängewerke mit einem Sprenwerk zu Hülfe zu kommen. Ist dieses aber, des Standes des Hochwassers wegen, nicht unter einem Winkel von 45 Grad anzubringen, so ist eine zu dessen Haltbarkeit dienende von einem festen Punkte, das ist, in der Nähe der Stützsäule *a b* (Fig. I.) abgehende Schraube *f g* (Zugschraube) anzubringen, damit das Sprengwerk in seiner Lage erhalten wird. Auf die zweyte durch die Hängesäulen gehende Tragschwelle *z z* (Fig. 2.) kommen dann, auf 4 bis 6 Fuſs Abstand, die Straſsenträger zu liegen.

§. 39. Wie ich eines der gröſsten Hängewerke auf diese Weise bey der über den Lechfluſs in Baiern, bey der Stadt Landsberg, im Jahre 1806 erbaueten Brücke, ausgeführt habe, will ich jetzt beschreiben. Bey dem Entwurf zu dieser Brücke hatte ich einige wichtige und in der Praxis der Brückenbaukunde selten vorkommende Localumstände zu berücksichtigen; 1) liegt unterhalb der Brücke ein den Lechfluſs 14′ hochstauendes, sich an das linkseitige Widerlager der Brücke bey *D E* (F. III. T. 106.) anschlieſsendes, achthundert Schuh langes Wehr. Anfangs 1806, als von mir der Entwurf zu dieser Brücke gemacht wurde, befand sich dasselbe nicht in dem beſsten Zustande, und im August 1807 wurde es wirklich, von dem Hochgewässer, durchbrochen; die Pfähle und Hölzer führte der mächtige Strom fort, und die Mühlen verloren ihren Umtrieb. Ich war daher genöthigt: bey dem Brückenbau (1806)*) schon im voraus, auf diesen Fall, die nöthige Rücksicht zu nehmen; denn jeder Durchbruch dieses Wehres muſste eine Vertiefung des Fluſsbettes, in der Nähe der Brückenjoche, zur Folge haben. Sie konnte wenigstens 14′ betragen, weil das Wehr so hoch das Fluſsbett erhöhete. Nach der angestellten Untersuchung der Beschaffenheit des Grundes zu urtheilen, konnte ein Jochpfahl, von 18 Zoll Stärke, mit einem 12 Centner schweren Rammklotz nur etwa 13 Schuh in denselben eingerammt werden. Bey einem Durchbruch des Wehres würden also die Joche, ohne Umgebung mit einem Faschinenbau, nicht mehr im Boden gestanden haben. Diesen zu erwartenden Fall muſste ich also für die Brücke unschädlich zu machen suchen, welches, mittelst Umgebungen der Joche von Faschinenwerken (Fig. III.) die mit groſsen Nagelflue-Steinen und mit Fluſskiesel beschwert wurden, bewerkstelliget ward. Als der Durchbruch des Wehres, unterhalb dem linkseitigen Joche, wirklich erfolgte, sah man den Vortheil dieser, von vielen unberufenen Critikern, für unnöthig erkannten Faschinenwerke ein, und die schleunige Vertiefung des Fluſsbettes in diesem Wehr-

*) In der vue perspective (Tab. 100. F. 6.) sieht man, wie der Strom über das Wehr fällt.

bruch hatte nicht den geringsten nachtheiligen Einflufs auf die Brückenjoche selbst. Zur gröfsten Sicherheit wurde die Umgebung des linkseitigen Joches bis zu diesen Wehr-Bruch verlängert, wie Fig. V. zeigt.

Da dieses Wehr in einem der schnellsten Flüsse Europens liegt und bis zu einer Tiefe von 28 Schuh fortgebrochen war, auch der Grund aus Felsen besteht, worin keine Pfähle eindringen, so hatte dessen Wiederherstellung ganz eigene Schwierigkeiten, die glücklich überwunden sind. Ich liefs in der Oeffnung anfänglich einen Faschinenbau anlegen, dadurch Pfähle einrammen, und bildete damit Kistwerke, die mit Nagelflue-Steinen gefüllt, und dann erst mit Planken bedeckt wurden, die man auf die Drehschwellen der Kistwerke aufnagelte.

§. 40. Die niedrige Lage der Stadt Landsberg hinderte mich, den Brücken-Oeffnungen eine grofse Höhe zu geben. 1) Konnte die Sprengung des Hängewerks jeder Oeffnung d. i. von der Sehne bis zur Mittlern- oder der Schlufs-Hängesäule *s* (F. I.), von der Jochgurte *h* angerechnet, nur 7 Schuh betragen; 2) mufste die Sprengung des Hauptträgers zu drey Fufs festgesetzt werden, wenn die Auffahrt, von der Stadtseite her, nicht unbequem werden sollte; 3) die im *Lech* stehenden Ueberreste der ehemaligen oft erneuerten Wehre und der Umstand, dafs dieser Flufs von dem jetzigen Wehr 14′ hoch aufgestauet wird, bestimmte mich der Brücke drey grofse Oeffnungen, jede zu 127′ Weite zu geben.

§. 41. Jedes Joch mit seiner Verschaalung ist 2′ 10″ breit, und das linkseitige Widerlager ist 14, das rechtseitige, worauf die dorischen Säulen der zwey Gebäude ruhen (Fig. 3. und 6.) 16 Schuh breit, so dafs also die Länge des Brückenkörpers 381′ + 2′ + 2′ 10″ + 14′ + 16′ = 416′ 8″ beträgt. Die Länge der Brückenstrafse oder der Strafsenträger macht aber nur 403 Schuh. Diese sind nämlich, so wie die aus drey Hölzern bestehenden *Hauptträger* 1., 2. 3., acht Schuh in *die Widerlager selbst eingelassen worden*, um die Stabilität des Brückenkörpers zu verstärken. Hinter der Schwelle V. Fig. II. wurde eine aus Planken bestehende Wand geschlagen, so, dafs in dem Widerlager eine Kammer entstand, deren Sohle gegen die vordere Wand, zur Abführung der Feuchtigkeit, abschüssig ist. In dieser Kammer kann man also zu allen Holzwerk kommen, um dessen Zustand zu untersuchen. Hinter der erwähnten Plankenwand wurden Steinbrocken eingeworfen, zwischen die man dünnen Mörtel schüttete. Nach der Stadtseite wurde an beyden Seiten dieser Kammer das Mauerwerk weiter aufwärts, bis unter die Stufen worauf die aus Tufstein demachten acht dorischen Säulen der zwey Gebäude stehen, geführt. Zwischen jener Wand und der Stützsäule *a b* Fig. I. sind eichene Keile eingetrieben. Ich hatte nämlich bey mehrern in der Schweiz und in Deutschland aufgeführten Hängwerke bemerkt: dafs dieselben allemal eine Seitenausbiegung oder eine Abweichung von der Vertical-Ebene machten, wenn sie nur ein Jahr lang der Sonne und dem Winde ausgesetzt waren. Die Wirkung des letztern ist, besonders bey solchen Brü-

cken, welche hohe Wände haben, sehr bedeutend, weil an allen in engen Thälern eingeschlossenen Flüssen die längste Zeit des Jahres über ein Luftstrom regiert, der nicht allein auf der einen Wand der Brücke heftiger, als auf der andern anstöfst, sondern auch das Holz *ungleich* austrocknet. Diese Einschliefsung der Brücke zwischen den 22 Schuh dicken Widerlagern scheint daher eine zweyte Verbesserung aller ähnlichen Brücken zu seyn. Sie verhindert überdies die Oscillation des ganzen Baukörpers: insbesondere, wenn man, wie ich gethan habe, die Zwischenräume der Jochpfähle füllt.

Damit nun die Brücke sich auch nicht vertical senken möchte, so wurden die Widerlager auf einen Pfahlrost gegründet, und zur Vermehrung ihres Gegendruckes, mit drey von Ziegeln gemauerten streb - oder Stützbögen c (Fig. 2.) versehen. Diese Widerlager können daher, ihrer Gründung wegen, auch nicht unterwaschen werden, im Fall das unterhalb der Brücke liegende Wehr durchbricht.

Jedes Joch besteht aus neun Jochpfählen und diese wurden mit einem 1220 Pf. schweren Rammklotze dergestalt eingetrieben, dafs der Pfahl mit der letzten Hitze, von funfzig Schlägen, nur zwey Linien in den Grund rückte.

§. 42. In so fern die speziellen über das Einrammen der Pfähle angestellten Beobachtungen für die Wissenschaft wichtig sind: so will ich diejenigen hier aufnehmen, welche beym Einschlagen der zwey Joche dieser Brücke wahrgenommen wurden. Die Rammarbeiten wurden mit dem Mittelpfahl des rechtseitigen Joches am 25. Okt. 1806 angefangen, und binnen acht Tagen war dieses Joch eingerammt. Am linkseitigen aus 9 Pfählen bestehenden Joche wurde den 4. November mit dem mittlern Pfahl angefangen, und zuletzt am 10. der untere schrägpfahl eingerammt. Dazu wurden eigentlich nur 6 Tage gebraucht, weil am 9. November die Arbeit unterbrochen wurde. Zu dem Rammen sind gewöhnlich 54 Mann verwendet worden. Mit 997 Hitzen oder 29368 Schlägen wurden die 18 Jochpfähle eingetrieben. Wird bey jeder Hitze zwey Minuten zum Ausruhen gebraucht, so erhält man 33 Stunden 14 Min. Zieht man von den 14 Arbeitstägen, jeden zu 10 Stunden, das ist, von 140 Stunden, die obigen 33 Stunden 14 Minuten und die zum eigentlichen Einrammen gebrauchten 18 Stunden 21 Minuten 24 Sekunden ab, so bleibt für den Transport und die Stellung der Jochpfähle, für die Stellung und Verrückung der Ramm-Maschine 88 Stunden 24 Minuten 26 Sekunden übrig; folglich bey jedem Pfahl 4 St. 54 M. 40 S. Für das erste Manöver kann man zwey Drittheil so viel Zeit als zum letzten annehmen, d. i., bey jedem Pfahl für dessen Transport, Rüstung und Stellung eine Stunde 58 Minuten, und für die Stellung und das Verrücken der Ramm-Maschine 2 Stunden 37 Minuten. Gewöhnlich wird zur Niederlassung der Stellung des Pfahles 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden und zur Vorrüstung der Ramm-Maschine $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden gebraucht. Auf isolirten und hohen dem Winde ausgesetzten Gerüsten wird mehr Zeit dazu verwendet. Rechnet man nun für jeden Arbeiter, des Tages 36 kr., so kostete das Rammen eines Pfahls 25 fl. 12 kr. und eine Hitze, mit Inbegriff der Legung des

obern Gerüstes, des Transportes und der Stellung, sowohl des Pfahls als der Ramm-Maschine, 17 kr. Im Durchschnitt kommen auf eine Hitze 29 Schläge. In der folgenden Tabelle will ich die Daten, wonach dieses berechnet ist, noch näher entwickeln. Diese das Einrücken der Pfähle in jeder Hitze darstellende Beobachtungen würden mehrere Bogen einnehmen; ich bin daher genöthiget, hier nur die merkwürdigsten Resultate aufzunehmen.

R e s u l t a t e

des Einrammens der Jochpfähle von der Landsberger - Lechbrücke.

Der metallene Rammklotz wog 1220 Pfund. Die Rammscheibe hatte 3 ½ Fuſs im Durchmesser, und ihr Zapfen ⅘ Zoll; die Pfähle hatten, 3 Schuhe vom Kopf entfernt, 18 Zoll im Durchmesser, und waren 33 bis 34 Schuhe lang; die zwey Schrägpfähle aber länger.

Pfähle des rechtseitigen Joches. Pfähle des linkseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl steht in dem festen Grunde			Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl steht in dem festen Grunde			Mit der letzten Hitze rückte der Pfahl noch in den Grund
		Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.			Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.	Lin.
5ter oder Mittel-Pfahl a)	89	84		2011 b)	55	9	11	6 c)	5ter oder Mittel-Pfahl.	54	59	—	1597	64	13	9	11	0
4 d)	100	86		2415	53	9	0	5	6	51	59	19	1575	66	13	8	3	2
3 e)	53	66	40	1650	75	11	11	10	7	46	54	41	1430	65	13	10	4	1
2 f)	60	65	30	1740	68	11	2	5	8	42	49	22	1300	64	13	6	1	1
1ter Schrägpf.	55 g)	59	30	1620	65	13	3	6	9	43	47	49	1287	41	14	5	1	0
6	57	63	36	1710	62	9	1	7	4	33	36	57	1060	65	12	11	7	0
7	57	64	0	1710	66	11	2	1	3	31	34	52	968	63	13	3	10	0
8	87	94	0	2612	68	9	6	5	2	49	75	25	1973	45	13	5	10	1
9	5	63	48	1740	67	11	7	0	1ter Schrägpf	32	37	25	970	62	13	9	7	1

a) Zur Erleichterung des Rammens wird, wo möglich, der mittlere Pfahl zuerst eingerammt. *b*) Alle 2 1/2 Sekunden geschah ein Schlag. Der Regel nach sollte in 2 Sekunden ein Schlag geschehen. *c*) Von der 80. Hitzte an rückte der Pfahl nur 10 Linien; mit der 83. Hitze von 10 Schlä-

§. 43. Die vordere senkrechte Wand der Widerlager besteht aus einem festen Nagelflue- und sehr harten Tufstein. Das Innere wurde mit Ziegel und Bruchsteinen, die drey Bögen *c* (Fig. 3.) aber allein mit Ziegel aufgemauert. Von dem Tufstein wog der baierische Cubikschuh 71 Pfund. Die vortrefflichen Ziegel waren 14 bis 16 $\frac{1}{4}$ Zoll lang, 7 bis 8 Zoll breit, und 2 $\frac{3}{4}$ bis 3 Zoll dick. Der Stein wog 13 bis 17 $\frac{1}{2}$ Pfund.

Die Oberfläche des rechtseitigen Widerlagers, so wie die Stufen der zwey Gebäude, die ich des engen Raumes wegen nicht weiter von der Brücke entfernen konnte, wovon das eine zum Wachthause, und das andere zur Wohnung eines Brückenwärters bestimmt wurde, bestehen aus einem äusserst festen grauen Sandstein.

§. 44. Wo man vorher ähnliche Hängewerke auf grofse Weiten, bey den Brücken in der Schweiz, im Würtembergischen und Tyrol, angebracht hatte, wurden dieselbe *auf* gemauerte Pfeiler, oder *auf* die beyden Widerlager gelegt, aber nicht eingelassen. Bey dieser Brücke würde es, wegen den vorne angeführten Localumständen, unthunlich gewesen seyn, schon damals gemauerte Pfeiler aufzuführen, und dann ist das den Strom in seinem Abflusse hemmende Wehr so nahe, dafs diese Pfeiler wegen eines etwaigen Wehrbruches (der auch wirklich erfolgte) unterwaschen und zerstört werden konnte, 2tens hätte man dieselben auf einen kostbaren Pfahl-

gen nichts; mit der 84. von 30 Schlägen wieder 3‴, und endlich mit der 88. und 89. Hitze, worin 185 Schläge geschahen, nur eine Linie, so, dafs er also als fest stehend erklärt werden konnte. *d*) Dieser Pfahl rückte mit der letzten Hitze von 50 Schlägen nur 1 1/2 Linie. *e*) Ich liefs den Rammklotz höher, als gewöhnlich, selbst bis 90″ hoch schnellen, daher stand der Pfahl nach der 53. Hitze bereits so fest, dafs er um nichts rückte. Ja in der 49. Hitze liefs ich 100 Schläge machen, bey einer Fallhöhe von 66″, und der Pfahl rückte nur 6 Linien. *f*) Bey der 28. Hitze rückte der Pfahl mit 30 Schlägen nur 8 Linien, weil dessen Kopf polsterig oder breit geschlagen war. Ich liefs ihn wagerecht abschneiden, und in der nächsten Hitze rückte er 15 Linien in den Grund; bey der letzten Hitze gar nichts. *g*) Der erste Schrägpfahl rückte in der letzten Hitze mit 30 Schlägen nur eine Linie. Der 6. Pfahl rückte in der letzten Hitze 2‴; der 7te, 2‴; der 8. eben so viel; der 9. oder untere Schrägpfahl eine halbe Linie. Folgende Beobachtungen will ich, ihrer Nützlichkeit wegen, noch anführen. Als der 7. Pfahl mit der 36. Hitze zu 30 Rammschlägen noch 10‴ einrückte, liefs ich einen hölzernen Klotz dergestalt darauf legen, dafs seine Holzfibern horizontal lagen, und nun 30 Schläge darauf, mit gleicher Fallhöhe von 68″, machen; der Pfahl rückte jetzt nicht mehr als eine Linie ein. Ich liefs diesen Klotz wegnehmen, und abermals 30 Schläge verrichten, wobey der Pfahl wieder 7‴ einrückte. Jetzt liefs ich einen Klotz vertical auf den Pfahl stellen, und 2 Hitzen, jede zu 30 Schlägen, machen und der Pfahl rückte in jeder Hitze 4‴; folglich 3 Linien weniger als vorher. Der Klotz wurde weggenommen, und der Pfahl rückte mit 29 Schlägen 6 1/2 Linien. Hierdurch bestätigen sich also die gestörte Einwirkungen von den Schwingungen der Holzfibern. Als der 9. oder Schrägpfahl, 44 Hitzen, jede zu 30 Schlägen, erhalten hatte, rückte derselbe 4‴ ein. Sein polsterartig geschlagener Pfahlkopf wurde senkrecht glatt abgeschnitten, und nun rückte derselbe in den folgenden zwey Hitzen in jeder 8‴ in den Grund. Wir sehen daher, wie nothwendig die im 2. Bande Seite 436., wegen Abplattung des Pfahlkopfs, gegebene Regel ist.

grund gründen, und wenigstens bey ihrem Bau eine bedeutende Summe verwenden, dadurch aber dessen Ausführung verzögern müssen, welches wegen seiner Dringenheit nicht thunlich war. Gewöhnliche Pfahljoche, wie sie bisher bekannt waren, würden eine hinreichende Stabilität nicht dargeboten, daneben eine solche Schwingung in einem Bauwerke, von so grofsen Oeffnungen, zugelassen haben: so dafs ich befürchten mufste, es würde mit grofsen Lastwägen nicht befahren werden können. Um diese Oscillation zu verhindern, mufste ich also auf ein unfehlbares Mittel denken, das heifst, die Schwingung der Joche gänzlich vermeiden. Bey dem Entwurf hierüber war ich vorzüglich darauf bedacht, dafs keiner der einzelnen Jochpfähle sich schwingen oder fibriren konnte, also auch der Jochkörper eine vollkommene Stabilität erhielt. Dessen Schwingung würde sich ohne Zweifel den Hängewerken selbst mitgetheilt haben. Zwey Traggurten *h h* (Fig. 5.) wurden also um die neun Jochpfähle, mittelst vier einen Zoll starken eisernen Schrauben, befestigt, und auf drey eiserne Einge *i i i*, gelegt. Jetzt ward an beyden Seiten dieser Pfähle eine vier Zoll dicke Plankenwand mit eisernen Bolzen angenagelt und der Zwischenraum mit Kiesel, Mauerschutt, Cement und frisch gelöschten Kalk, bis zur Kronschwelle *c c*, gefüllt. Auf diese Weise machte das Joch nur einen einzigen Körper aus, der nicht mehr oscilliren konnte.

§. 45. Nachdem ich zwey wesentliche, das Oscilliren dieser Brücke (die unter allen mir bekannten Brücken die gröfsten Oeffnungen bey Hängewerken, *ohne Bedachungen*, erhalten hat) verhindernde Eigenschaften erwähnt habe: nämlich die Einschliefsung in die Widerlager, und die Füllung der Joche, so will ich noch die dritte Vorrichtung (zu diesem Zweck), anzeigen. Wenn man hölzerne Brücken mit Oeffnungen, die gröfser als fünf und sechszig Schuh sind, erbaut, so ist die Einziehung der *Windruthen w w* (Fig. 5. und 7.) wenigstens in den den Widerlagern nächsten Schwellenfeldern, selbst bey Bogenbrücken, nothwendig; es sey denn, dafs man, nach meiner Erfindung, *Diagonal-Rippen* anbringt. Die bey dieser Brücke angebrachten sich kreutzenden Windruthen und Streben (F. 3.) vermehren die Spannung des Werks so wie seiner einzelnen Theile, und tragen zu seinem festen Stande, in der für sie angenommenen lothrechten Ebene, bey. Sie verhindern die Verschiebung aller Theile und sichern demnach die Brückenhängwerke gegen die Wirkung des Windes. Hängewerke können daher der Windruthen gar nicht entbehren! In der Mitte der Brückenöffnung habe ich, zur Vermehrung der Stabilität oder Spannung, in zweyen Feldern, noch eine zweyte Lage von Windruthen oder Kreutzstreben *T T* (Fig. III. VI. und VII.) angebracht, und dieselben an vertical stehenden Spannklötzen *t t* antreiben lassen; Klötze, welche in die Schwellen eingelassen sind, damit sie stets ihren verticalen Stand behalten. Da, wo sich diese Streben kreutzen, sind sie zusammen geschiftet, und mittelst einer Schraube, mit dem mittlern Strafsenträger *y y* verbunden.

Die vierte, zur Stabilität der Brücke abzweckende Vorrichtung, besteht darin: dafs die an den Jochen angebrachten Traggurten *h h* (F. 5.) auf drey eiserne in die Jochpfähle einen Zoll tief eingelassene Ringe, welche 150 Pfund wiegen, ruhn, und dann erst vermittelst den vier Schrauben *i* zusammen gezogen wurden. Auf diese Weise war ihre Senkung oder das Sinken der zwey an die Joche anstossenden Stützsäulen *p* (F. I.) unmöglich.

§. 46. Die Breite dieser Brücke hat sonderbare Urtheile veranlafst. Da die Seitenwände oder Hängewerke sechs Schuh über die erste Belegung der Brücke hervorstehen mufsten, weil die Hängesäulen nicht kürzer gemacht werden konnten, um den Streben des Hängewerks nicht eine zu schiefe Lage zu geben, wobey sie an Stützkraft verloren hätten, es täuschte die Perspective, zwischen diesen 400 Schuh langen und 6 Schuh hohen Wänden, das ungeübte Auge dergestalt, dafs Einige, bereitwillig genug, um solche Werke zu tadeln, behaupteten: es könnten sich zwey beladene Wägen auf dieser Brücke nicht ausweichen. Dieses Urtheil circulirte höchst sonderbar zu einer Zeit, wo täglich viele beladene und selbst die gröfsten Frachtwägen sich auf dieser Brücke, deren innere Weite, zwischen den Wänden, achtzehn Schuh sieben Zoll beträgt, und alle alten Brücken in Baiern an Weite übertrifft, *bequem auswichen.* Indessen habe ich mir nicht versagen können, dies recht anschaulich in der 5ten Figur darstellen zu lassen.

Wer über die Anwendung von Hängewerken beym Brückenbau nachgedacht und Erfahrung hat, der wird überzeugt seyn, dafs die beyden gegenüber stehenden Hängesäulen und Hängewerke, wenn sie nicht vermittelst der monströsen und kostspieligen Bedachuug — gespannt werden — nicht über vier und zwanzig Fufs auseinander stehen dürfen, um ihren lothrechten Stand zu behalten. Selbst die bedachten Hängewerke der ehemaligen Schafhauser- und der Wettinger-Brücke waren nur 19 ½ bis 22 Schuh breit. In so fern ich nun für die Passage bey Landsberg die angegebene Weite hinreichend fand, so rieth die Vorsicht, der Brücke, mit Einschlufs der Hängewerke, die Breite von drey und zwanzig Schuh zu geben, weil sie eine Bedachung entbehrt. Denjenigen Personen, welche sich hierüber hätten unterrichten wollen, würde ich bereitwillig Aufschlufs gegeben haben; aber gewöhnlich hört man lieber hämische Tadler, als Erbauer eines Werkes! Sie hätten sich also überzeugen können, dafs ich diesen von einer Bedachung freyen Hängwerken absichtlich keinen gröfsern Abstand geben wollte!

§. 47. Die Hängesäulen 5. 5. (F. 1.) wurden von Mittel zu Mittel auf sechszehn Fufs, also auf 15 Fufs Abstand, mit einer Setzwage, deren Basis fünf Fufs mafs, genau lothrecht gestellt: auf welche Stellung, so wie auf die horizontale Lage der Verbindungs-Schwellen *r*, die gröfste Sorgfalt verwendet werden mufs, um die Seitenausbiegung zu verhindern.

§. 48. Die Stärke der Hölzer bey dieser Brücke beträgt zehn bis fünfzehn Zoll; die Schrauben sind einen Zoll, $\frac{6}{4}$ bis $\frac{7}{4}$ Zoll dick; die Windungen der grofsen haben eine Länge von sieben Zoll, und die Mutterplatten oder Scheiben sind vier Zoll im Quadrat, und einen Zoll dick. Unter der Mutter liegt eine fünf Zoll im Quadrat grofse, und vier bis sechs Linien dicke Platte. In jedem Bogenfelde oder jeder Oeffnung sind zwanzig grofse Schrauben gebraucht worden, nämlich acht auf jeder Seite zu der lothrechten Verbindung des Hängewerks, wovon die achte in der an dem Joche stehenden Hängesäule angebracht ist, und in F. I. von 10 bis *g* geht. Zwey grofse Schrauben *f g* und 4 vermehren die Kraft der Stützstreben oder des Sprengwerkes, und verhindern die Schwingung der Brücke. Diese sechszig Schrauben mit ihren Muttern wogen 4300 Pfund; von den 308 einen Zoll dicken Schrauben betrug das Gewicht einer jeden fünfzehn Pfund. Die sämmtlichen Schrauben wurden in achtzehn Monathen in drey verschiedenen Perioden angezogen, und gaben ein und einen halben Zoll nach.

§. 49. Zur Erhaltung des Holzes sind alle ausgetrockneten Windruthen, Schwellen, Stützsäulen, Jochpfähle und das Aeufsere des Joches, zweymahl mit einem Schiffstheer überzogen, der aus einem Fünftheil Pech und vier Fünftheil Theer besteht, welche Masse vier bis sechs Stunden, je bey feuchter oder trockener Witterung, gekocht wurde, und die Seiten des Hängewerkes sind doppelt mit Tannen-Brettern verschaalt worden, siehe Fig. 2.

Aufser den kiefernen Jochpfählen besteht alles Holz aus Fichten, weil man kein anders in der kurzen zum Bau bestimmten Zeit beyschaffen konnte, und dieses auch das wohlfeilste war. Der baierische Cubikfufs wog 25 Pfund 8 Loth grün, und trocken 19 Pfund 24 Loth. Die Verschaalung wurde dreymahl mit grauer Oelfarbe angestrichen.

Im Juni 1806 fieng man den Werksatz an, im October und November wurden die Joche eingerammt; im December und Januar 1807 ward die Brücke aufgeschlagen und befahren. Bis jetzt hat sie ihren lothrechten und horizontalen Stand vollkommen behalten. Sie hat einen doppelten Deckboden, und zwischen beyde Böden ist Wachholderholz gelegt, welches die Nässe auffängt, daher die Bauhölzer gegen die Fäulnifs schützt; ein sehr empfehlenswerthes Mittel!

§. 50. Da auf T. 106. alle Haupttheile dieser Brücke in verschiedenen Zeichnungen dargestellt, überdies mit gleichen Buchstaben und Zahlen bezeichnet sind: so ist eine weitläuftigere Beschreibung unnöthig.

§. 51. Ob diese Hängwerksbrücke vor den übrigen bis jetzt mit Häng- und Sprengwerken erbauten Brücken, einen Vorzug verdient, mufs ich dem Urtheile der Kenner überlassen. Ich für meinen Theil werde indessen nie mehr solche Häng- und Sprengwerke, auf grofse Weiten, anwenden (wenn die Lage der Ortschaften die An-

bringung der Bögen gestattet); nachdem ich, nach meiner neuen Erfindung, mehrere *Bogenbrücken* bauete, die ich den Häng- und Sprengwerken weit vorzuziehen Ursache habe, und welches von der Erfahrung jetzt bewiesen ist.

Viertens: *Von den aus hölzernen Bögen bestehenden Hängwerken.*
Tab. 130. Fig. 12. bis 17.

§. 52. Man hatte bis jetzt bey mehrern grofsen Brücken, wie z. B. bey der Brücke unweit *Bregenz* im Königreich Baiern, bey einer im Wirtenbergischen über den Neckar nur 60 Fufs weiten Brücke, *aus krumm gehauenen* Hölzern bestehende Bögen (Tragbögen) gemacht, und diese mit Hängesäulen eingeschlossen. Diese Construction verdient vor den gewöhnlichen, mit hohen Hängesäulen versehenen Hängwerken den Vorzug. Ich habe dieselbe, wie ich mir schmeichle, durch die in den angeführten Figuren dargestellten Constructionen verbessert, indem ich dabey statt des bisher krumm gehauenen Holzes krumm *gebogene* Balken anwendete.

Diese bogenförmigen Hängwerke sind bey solchem Local, welches, der niedrigen Lage der Chaussee und des Standes des Hochgewässers wegen, Bogenbrücken (von denen ich bald handeln werde) nicht zuläfst, sehr zu empfehlen.

Aus krumm *gehauenen* Hölzern bestehende Hängwerke sind bereits vom Architecten *Scamozzi*, in seiner Architectura, aber freylich auf eine sehr schwerfällige Art, und nur auf 60 Schuh weiten Jochfeldern vorgeschlagen, überdiefs noch mit einem Sprengwerke und mit einem Dache verbunden. Ein Beweis, wie sehr der Bau hölzerner Brücken im 17ten und 18ten Jahrhundert zurück war. Auch die *Millinger-Brücke* in der Schweitz und die Plockinger Necker-Brücke im Wirtembergischen haben Hängwerke von Bögen, die man aus geraden Holzstücken zusammen setzte, und mit einem Dachwerke in Verbindung brachte. Besser ist jedoch die letztere als die erstere construirt. Sie ist vom Landbaumeister *Etzel*, vor etwa 28 Jahren, erbaut, und hat zwey Oeffnungen, jede zu 200 Fufs (Wirtemberger Maafs), die an den Seiten zwey aus vier krumm gehauenen Balken bestehende Bögen bilden, und zehn Hängesäulen tragen die untern Schwellen, indem sie oberhalb mit dem Bogen in Verbindung gebracht sind. Diese Construction weicht darin von den übrigen Brücken der Art ab, dafs sie in der Mitte eine geringere Breite als gegen die Widerlager hat, wodurch die Ausbiegung verhindert werden sollte. Man wird indessen sehr leicht einsehen, dafs die Ausführung einer so construirten Brücke, viel Arbeit und Geld kostet; und dennoch kein schönes Ansehen, ihrer hohen Wände und ihres Daches wegen, darbietet. Alle diese bis vor 1805 erbauten Hängwerks-Brücken haben den wesentlichen Fehler, dafs ihre Spannträger beynahe horizontal gelegt sind, und sich daher durchgebogen haben. Man hätte denselben nämlich eine Steigung gegen die Mitte zu, geben sollen, worüber ich unten gewisse Regeln anführen werde.

§. 53. Die bey Bogen-Hängewerksbrücken anzuwendenden Maximen sind, nach meiner Erfahrung, folgende: 1) Lasse man den Tragbogen *a* (F. 12. T. 130.) in die Widerlager *b* ein, und stemme ihn so wie den Spannträger *e* gegen die Joche *c* in eine Stützsäule *d*, um demselben feste Stützpuncte, zu geben. Man kann auch den Tragbogen auf den Haupt- oder Spannträger stellen, welches freylich nicht so gut ist, als wenn man ihn gegen Stützsäulen anstemmt, das aber nothwendig wird, wenn einzelne Jochfelder mit dem Tragbogen überspannt werden, folglich ein einzelnes Joch nicht als Stützpunct betrachtet werden kann. Dann wird man den Hauptträger vorwärts der Stelle, worauf er steht, mit einem zweyten Balken unterstützen, um feste Unterlagspuncte zu erhalten. Auf diese Weise darf der den Bogen bildende Balken nicht so stark gekrümmt werden, weil er weniger Bogenhöhe erhält, als wenn man ihn abwärts in die Widerlager hinein gehen läſst. 2) Sey die Höhe des Bogens bey 55 bis 60 Schuh Weite, 30 Zoll: derselbe nehme von 5 zu 5 Schuh gröſserer Oeffnung um 4 Zoll zu, so daſs ein 110 Schuh weites Jochfeld einen Tragbogen (F. 13.) von sechs Schuh 6 Zoll Bogenhöhe erhält. 3) Dem Hauptträger gebe man in der Mitte bey einem Jochfelde von 50 Fuſs, 12 Zoll Höhe, und dieselbe nehme bey jedem Schuh gröſserer Oeffnung um vier Linien zu, so daſs sie bey 110 Schuh, 3 Schuh 7 Zoll betrage. Von 50 bis 70 Schuh ist der Spann-Träger *e* aus einem Balken, von 70 bis 110 aus zwey übereinander gelegten, und, je nach der Weite des Joches, 12 bis 18 Zoll hohen Balken, die aus Kiefern oder Lerchenholz bestehn sollten, zu verfertigen, und dieser Träger so zu krümmen, wie es bey den Bogenbrücken gezeigt wird. 4) Zwischen den zwey Balken des Spannträgers werden die Verbindungsschwellen *f* (Fig. 13. u. 16.) zur halben Holzstärke eingelassen, so daſs sie nicht unter dem Träger, sondern in dessen Mitte liegen. 5) Nehme man zu dem Tragbogen *a* (F. 12. u. 13.) kieferne, lerchene oder eichene gegen einander geschiftete Balken, und lege darüber noch ein 3″ starkes eichenes Bort, welches sich noch gut biegen läſst. Von 70 bis 90 Schuh weiten Oeffnungen lasse man also den Bogen aus zwey von 90 bis 110 Schuh aus drey gekrümmten Balkenlagen (Curven) übereinander bestehen, und wähle zu der letztern Weite Eichenholz von 10 bis 14 Zoll Höhe; wenigstens sollte man die obern Curven aus diesem, wenn solches zu haben ist, oder aus Kiefernholz, bestehen lassen. Kein andres als Eichenholz sollte, in der Regel, zu den Tragbögen gewählt werden, wenn es noch zu einem mäſsigen Preise zu erhalten ist; man kann es auf den Sägemühlen in Planken schneiden lassen, um es desto leichter zu biegen, und es dann, wie ich bey der Altenmarker-Brücke gethan habe, aufeinander leimen. 6) Soll die Brücke breiter als 24 Schuh gemacht werden, so bringe man in der Mitte unter die Verbindungsschwellen noch einen Träger *t* (Fig. 14. und 17.) an, welches auch geschehen kann, wenn der Spannträger aus zwey Curven besteht. Dann wird durch diesen Mittelträger *t* der Verbindungsschwelle *f*, durch den über derselben stehenden Klotz *m*, ferner durch die

Tragschwelle l, eine eiserne Schraube gezogen, über die ein Strafsenträger zu liegen kömmt. 7) Die Hängesäulen, das sind hier die Schrauben $s\,s$ (F. 12. u. 13.) stelle man auf 8 bis 10 Schuh Entfernung, und bringe 8) zwischen den Schwellenfeldern sich kreutzende Windruthen $i\,i$ (F. 16.) an. 9) Um die Steifigkeit der Schrauben, wovon der Hauptträger gehalten wird, zu vermehren, lasse man dieselben durch Stützsäulen k (Fig. 13.) gehen, gegen welche die Kreutze $r\,r$ sich anstemmen. 10) Durch die Tragschwelle f, dem Spannträger e und die Klötze o ziehe man sechs Linien dicke eiserne Schrauben, die oberhalb einen Kopf und unterhalb eine Mutter erhalten. 11) Längs den Hängsäulen bringe man eine Bretterbedeckung p (F. 13.) an, und befestige diese Säulen mit zwey Kopfnägeln oder Schrauben u an der obern Curve des Bogenträgers und an der untern des Spannträgers. 12) Dann wird das Hängwerk zu beyden Seiten mit einer mit Oelfarbe anzustreichenden Bretterwand verschaalt, um es gegen die Sonne und Witterung zu schützen. *) 13) Zwischen dem Felde, welches der Hauptträger, zwey Hängsäulen und der Schlufsbalken formirt, sind zwey sich zur halben Holzstärke kreutzende Streben $r\,r$ einzuspannen, um die Seitenausbiegung des Hängwerkes noch mehr zu verhindern. Endlich bemerke ich, dafs, da die Strafsenträger immer auf 10 Fufs Abstand aufliegen, nur drey, höchstens vier derselben nöthig sind; hiedurch wird also gegen die Jochbrücken eine bedeutende Ersparnifs eintreten. Alle Schrauben mögen eine Dicke von sechs Linien erhalten.

§. 54. Wenn nun zwey Spannträger e (F. 12. u. 16.) angebracht werden, so sollte man eine so construirte Brücke nicht breiter als 24 Schuh machen, damit sich die den Fahrtweg tragende Schwellen nicht durchbiegen, und die zwey gegenüberstehenden Hängewerke gleichförmig, die über die Brücke gehenden Fuhrwerke tragen, weil sie alsdann ziemlich die Mitte einhalten. Das letztere zu bewerkstelligen, mache man auf jeder Seite ein 9 — bis 12 Zoll erhöhtes Trottoir, jedes von 3 Schuh breite, welches für die Fufsgänger allein bestimmt sey. Zu deren Bequemlichkeit sollte man stets Trottoirs, wenigstens auf allen den Städten und Dörfern nahe liegenden Brücken, anbringen.

*) Dieser Anstrich kann auch auf folgende Art gemacht werden, um lange Zeit zu dauern. Man schlämme mit Wasser den gewöhnlichen Lehm, und trockne ihn an der Luft, siebe Holzasche und rein gewaschenen Flufs-Mauersand, oder zerstossenen Tuftstein durch ein feines Sieb, dann menge man von dem erstern 3, von der zweyten 2, und vom Sande ein Theil untereinander, giefse Leinöl darauf, und rühre alles tüchtig durcheinander, so, dafs es mit dem Pinsel gefafst werden kann. Ein zweymahliger dünn aufgetragener Anstrich dieser Farbe, wovon der erstere ganz trocken seyn mufs, widersteht aller Witterung. Soll sie dunkel seyn, so mische man Kienrufs oder Frankfurter-Schwärze darunter; ein halber Anstrich wird durch Zuthuung frisch gelöschten Kalkes bewirkt.

Wie die Windruthen eingezogen sind, zeigt Fig. 16., und wie die Bogen an die Joche und die Stützsäulen sich anstemmen, giebt Fig. 17. so deutlich an, dafs eine weitere Erklärung davon überflüssig ist.

§. 55. Auf diese Weise wird man ein leichtes, wenig Holz kostendes bogenförmiges Hängewerk anwenden können, welches weniger kostet, als die gewöhnlichen und gebrechlichen Pfahl- oder Jochbrücken; denn erstens kommen dabey mehrere Strafsenträger und die alle sechs Jahre zu erneuernde Einziehung derselben in Ersparung, und dann immer die Hälfte der Joche, so, dafs diese Construction daselbst eingeführt zu werden verdient, wo man der niedrigen Ufer wegen, nicht Bogenbrücken erbauen kann. Ich wollte sie vor einigen Jahren mit einiger Veränderung zum Dach eines von mir für München entworfenen Theaters anwenden, und jetzt ist die oben beschriebene Construction, bey einigen Brücken in Baiern mit gutem Erfolge in Ausübung gebracht. Man kann sie z. B. bey den über den Inn, jetzt bey der Stadt Kraiburg stehenden Brücke, sehen, und nach meinem Entwurfe soll sie bey den Brücken zu Rain über den Lech, zu Passau über die Donau, und zu Schärding über den Inn angewendet werden. Auch werde ich mehrere Brücken nach ihr zu erbauen genöthigt seyn, weil die reissenden Flüsse Baierns, die Jockbrücken zerstören, die niedrige Lage der Chausséen und der hohe Wasserstand aber nicht überall Bogenbrücken zulassen.

§. 56. Auf gröfsere Oeffnungen als 110 Fufs sollte indessen diese Construction nicht angewendet werden, weil sie sonst zu hohe Stützsäulen, und einen zu hohen Tragbogen erhält, daher ein schwerfälliges Ansehn darbietet. In der That werden auch solche Brücken, denen man 110 Fufs Oeffnung giebt, in den meisten Fällen, dem Strome und Eisgange (bey den gröfsten Flüssen) eine hinreichende Weite darbieten, wenn man ihnen einige Joche oder Pfeiler giebt.

Man sollte übrigens, wo die Steine in der Nähe sind, auch bey dieser Construction steinerne Pfeiler, statt der hölzernen Joche errichten.

§. 57. Ich mufs hier noch eines Hülfsmittels, bey der Ausführung des Tragbogens, erwähnen, das alsdann eine Anwendung findet, wenn die denselben formirenden Balken nicht so stark gekrümmt werden können, dafs sie dem Bogen die erforderliche Höhe geben. In diesem Falle wähle man 2 bis 3″ dicke Planken, und leime dieselben aufeinander, wie ich bey der über die Alz bey Altenmarkt in Baiern aus einem Bogen von 148 Schuh Weite bestehenden Brücke gethan habe; ich werde diese Methode bey der Beschreibung der Alzbrücke zeigen.

§. 58. Einige haben vorgeschlagen, solche Bögen aus einem Zoll dicke Bretter, oder auch aus stärkere bestehen zu lassen, diese Bretter aber auf die *hohe Kante* zu stellen, also nach der Construction der Bohlendächer, die Einrichtung zu machen, oder auch diese zu den Sprengwerken, bey Brücken anzuwenden. Dabey ist jedoch zu erwägen: dafs man *a)* die so gestellten Dielen oder Bohlen nicht krumm biegen kann, folglich viel Holz weggehauen wird, die Fasern des Holzes *durchschnitten* wer-

den, und dafs *b*) wiewohl der aus einer hinreichenden Anzahl so gestellter und zusammen geleimter Bretter bestehende Bogen ein hinreichendes Tragvermögen einzeln ausübt, dennoch sich, der Elasticität der Bretter wegen, seitwärts ausbiegen muſs, wenn man die zwey gegenüberstehende Hängwerke der Brücke nicht mit einem Dachstuhl verbindet: denn eines Theils, wirkt der Wind auf ein solches Hängwerk, das man, um es vor Nässe zu bewahren, mit Bretter verschaalen muſs, wodurch eine groſse Wand entsteht, andern Theils, trocknet die Sonne eine Seite des Hängewerks mehr, als die andere aus, je nachdem die Brücke einer Weltgegend entgegen steht. Ohne Dachstuhl ist aber ein *groſses* aus Brettern (welche man auf die hohe Kante stellt) bestehendes *Hängewerk* eben so wenig als ein Sprengwerk, seiner eigenen Spannung, so wie dem Druck und Stoſs des Windes zu widerstehn im Stande; sie müssen daher seitwärts aus der Vertical-Ebene weichen. Ich würde deſswegen anrathen: niemals auf *die hohe Kante gestellte Bretter* zu den Bögen zu wählen, die man überdies, wie gesagt, nicht biegen, sondern nur bogenförmig ausschneiden kann. Die kleinen so gebauten Brückenöffnungen von einigen vierzig Schuhen, welche man als Beyspiele anführen könnte, sind zu unbedeutend, als dafs sie für den Werth dieser Construction sprächen. Was man bey den Gartenbrücken oder kleinen Brückenöffnungen und bey den Bedachungen anwendet, ist nicht bey groſsen für schwere Fuhrwerke bestimmten Brücken ausführbar, und Brücken der Art, die nur 20 bis 40 Fuſs weite Jochfelder haben, verdienen gar nicht angeführt zu werden, da man, zur Ueberspannung so geringfügiger Weiten, gar keine Bögen gebraucht, sondern nur Balken darüber legen darf.

§. 59. Wiewohl die Zimmerungen, bey denen die Bohlen auf die hohe Kante gestellt werden, beym Bau groſser Brücken, keine nützliche Anwendung finden: so verdienen sie doch in der Baukunde die gröſste Aufmerksamkeit: besonders bey den Dächern, so wie bey den Kuppeln der Kirchen und Kirchthürmen, bey Theatern, Kornhallen, Reitbahnen, Kornspeichern, Waarenlagern, Scheunen, Sälen und Schaafställen! Sie ist übrigens weit älter als die Schrift von *de Lorme*, welche *Gilly* übersetzt hat. So sind sie z. B. bey den zwey Kuppeln der *Frauenkircke* zu *München*, bey der Kuppel der Kirchen *Maria de salute* und *St. Marcus* zu *Venedig* angewendet worden; ja! bey der vorletzten Kirche hat man 8 Zoll starke Hölzer zusammen geschiftet, als Curven ausgehauen, und sie aufwärts gestellt, so dafs sie sich nach oben kuppelförmig nähern. Indessen kann man diese Constructionen; mit gekrümmten Balken, nach meiner Methode, nicht nur ersetzen, sondern ganz entbehrlich machen, und wer sich mit meinen Bogenbrücken bekannt gemacht hat, dem wird es leicht seyn, die Kuppeln und Dächer der gröſsten Gebäude, aus Hängewerken von Curven zu construiren.

§. 60. Nachdem ich die Maximen: über die Bogenhöhe der Tragbögen und Spannträger, über die Anzahl ihrer Curven, vorgetragen habe, werde ich diese Be-

stimmungen rechtfertigen müssen. Wenn man die Zusammensetzung einer Bogen-Hängwerksbrücke betrachtet: so kann die Tragkraft der Bögen nicht nach der Tragkraft einer einzelnen Curve berechnet werden: denn die Windruthen und Verbindungsschwellen, geben dem Baukörper nicht nur eine große Steifigkeit, sondern vertheilen auch den Druck der über die Brücke gehenden Lasten auf viele Punkte der Seitenbögen. Die Berechnung der Tragkraft von den einzelnen Curven, ist daher zum Nachtheil dieser Bauconstruction, und sie giebt eine große Sicherheit, für die Ausübung. In dieser Hinsicht will ich dieselbe hier aufnehmen, und so meine Maximen begründen. Nach meinen Versuchen senkte sich in der Mitte eine mit 103 Centner beschwerte, 12 Zoll im Viereck starke und 50 Schuh lange kieferne Curve, deren Bogenhöhe 30″ war, bis vier Zoll. Da nun diese geringe Senkung keinen nachtheiligen Einfluſs auf die Stabilität der Brücke ausübt, so würde eine solche Brücke, welche zwey einzelne Tragbögen hat, mit 206 Centner belastet werden können, wenn man auf den Spannträger und die Verbindung der Windruthen, so wie daran, daſs die die Brücke passirenden Lasten auf viele Tragpuncte der Curven vertheilt werden, gar keine Rücksicht nimmt; diese Brücke würde also für die schwersten Lastwägen hinreichend stark seyn. Bestehen aber die zwey Tragbögen aus drey übereinander gelegten Curven, so ist die Brücke eine auſserordentliche Tragkraft auszuüben, im stande. Die bis jetzt über das Tragvermögen horizontal gelegter Balken gemachten Versuche haben nämlich bewiesen, daſs dasselbe wie das Quadrat der Höhe dieser Balken zunimmt. Man würde also für drey aufeinander gefügte Curven 3. 3. 103 = 927 Centner, folglich für zwey Tragbögen 1854 Centner erhalten. Wenn aber der Umstand berücksichtigt wird, daſs bereits ein horizontal auf zwey Unterlager ruhender Balken eine doppelt so groſse Last trägt, wenn diese auf seine gesammte Oberfläche vertheilt, als wenn sie auf dessen Mitte gelegt ist; welche Vertheilung der Last bey den Bogen-Hängewerken eintritt: so würde die Tragkraft von sochen zwey Tragbögen 3708 Centner seyn. Nun will ich bey meiner Berechnung annehmen: daſs eine Curve nur 50 Centner tragen könne, ohne sich in der Mitte zu senken, so erhält man demnach für die zwey Tragbogen 2 . 9 . 50 = 900 Centner, womit ein Bogenhängwerk von 110 Fuſs Weite belastet werden kann, ohne daſs es sich setzt. Hierbey ist aber weder die Tragkraft des bogenförmigen Spannträgers, noch die durch die Einspannung der Windruthen vermehrte Steifigkeit des ganzen Brückenkörpers, noch, wie gesagt, die Vertheilung der Last auf mehrere Punkte berücksichtigt worden. Man sieht daher: daſs diese Bauconstruction, den Erfordernissen vollkommen entspricht, und dies zeigt auch die Erfahrung mit den in Baiern bereits ausgeführten zwey Bogen-Hängwerks-Brücken von *Kraiburg* und bey *Felddolling*.

DRITTES KAPITEL.

Von den vom Verfasser erfundenen vorzüglich aus gekrümmten Hölzern construirten Bogen-Brücken.

§. 61.

Mit allen ehemaligen Bauconstructionen der hölzernen Brücken bekannt, war es für mich, als General-Director *in Baiern*, Pflicht, auf eine neue Bauart zu denken; welche unsern grofsen und reifsenden Flüssen, solche weite Profile darbietet, die der Flofs- und Schifffahrt nicht hinderlich sind, und den Strom, so wie den Eismassen, einen ungestörten Abflufs gestatten; eine Bauart, welche die Landschaften verschönert, nebenbey, dauerhafter als die ältere Construction ist! Sie ward auch in diesem Lande zum dringenden Bedürfnisse: weil sich darin 300 Brücken von 80 bis 1000 Fufs Länge, in allem 940 Brücken (über 30′ Weite) befinden, welche bey der bisherigen Bauart, auf Staatskosten alle 15 Jahre erneuert worden waren, und wozu grofse Summen verwendet werden mufsten. Aufser diesen Brücken befinden sich noch im Königreich 11583 Durchlässe (unter 30′ Oeffnung) in den 2162 Stunden langen Kunststrafsen des Reichs und 28 Stunden Stützmauern, längst diesen Chausseen.

Zu den *Hängewerken*, womit man grofse Weiten überspannt, konnte ich meine Zuflucht nicht nehmen: eines Theils, weil sie sehr viel Holz gebrauchen, welches in der dazu erforderlichen Stärke nicht mehr, ohne grofse Kosten, aufgebracht werden konnte, die sich von der Zeit an, vergröfserten, als die Maafsregel aufgegeben war: zum Brückenbau eigene Waldungen zu conserviren, und andern Theils, weil die Hängewerke, ihrer hohen Seitenwände wegen, nicht ein ästhetisches Kunstwerk liefern, folglich zur Verschönerung des Landes nichts beytragen. Die *Jochbrücken* überall fortbauen zu lassen, hiefse aber nichts weiter: als die Schifffahrt erschweren, eine wesentliche Ursache zu den Eisstopfungen und den Ueberschwemmungen, so wie jährliche grofse Ausgaben beybehalten. Die *Sprengwerke*, welche man im Tyrol zu einer bedeutenden Weite gemacht, und an den Seiten mit Bretter verschaalt hatte, wodurch sie von Aussen das Ansehn von Bögen erhielten, konnten eben so wenig der Absicht entsprechen, weil sie grofse Oeffnungen nicht zulassen und daneben den vom Strom mitgeführten Wurzeln, Staudenwerk, Bäumen, so wie dem Eisgange, ein grofses Hindernifs darbieten. Ich glaubte daher über eine neue Bau-Con-

struction, welche den oben aufgestellten Bedingungen entspricht, nachdenken und der Regierung vorlegen zu müssen. Die erste Idee entstand mir, als ich über die Holzverschwendung der Hängwerksbrücken nachdachte, und einige Balken krümmen liefs. Die Bedingungen, welche ich mir vorgeschrieben hatte, führten mich jetzt darauf: die Bogenform bey den hölzernen Brücken anzuwenden, und dazu das Bauholz krümmen zu lassen. Da ich viele Schiffswerfte besucht hatte, so war ich, nach einigen angestellten Versuchen, gleich lebhaft von der Möglichkeit, diese meine Idee auszuführen, überzeugt. Der Umstand aber: dafs die Erbauung *einer einzigen Brücke*, den Gegnern nützlicher Erfindungen, Gelegenheit geben würde, diese Bauconstruction, gleich bey ihrem Entstehen, zu unterdrücken, machte es zur Nothwendigkeit, *mehrere* Brücken nach dieser Construction zu gleicher Zeit, und zwar daselbst zu erbauen, wo sich mir baufällige Brücken, die erneuert werden mufsten, darboten, wo sich ein für den Brückenbau schwieriges Local, auf welchem mehrere Brücken in dem Zeitraum von wenig Jahren fortgerissen worden waren, vorfand, und wo die Rücksichten der Wasserbaukunde und der Staatswirthschaft sehr weite Jochfelder nothwendig machten, um Ueberschwemmungen zu verhindern, so wie die Flofs- und Schifffahrt zu verbessern. Hätte ich nur mit *einer* Bogen-Brücke angefangen, und dazu ein günstiges Flufs-Local gewählt, so würden die Gegner grofser und nützlicher Bauwerke, ihren ganzen Geifer auf dieselbe ausgeschüttet haben; vielleicht hätte der Krieg von 1809 die Ursache seyn müssen, um sie zu verbrennen; ja, man würde, nachdem eine solche Brücke nicht mehr vorhanden gewesen wäre, alles angewendet haben, um den Bau einer zweyten zu verhindern! Im Jahre 1807 wurde demnach die Bogenbrücke bey Augsburg (Tab. 110.) über den Lech; die Freysinger-Brücke über die Isar (Tab. 108.) und die Neuöttinger-Brücke über den Inn (T. 117.) angefangen.

§. 62. Nach dieser Einleitung komme ich zu den allgemeinen Erklärungen dieser Bauconstruction. Ich verstehe nämlich unter *Hölzernen-Bogenbrücken* (T. 110.) diejenigen Brücken, deren Bögen aus mehrern über- und nebeneinander gefügten oder gelegten, *gebogenen Bauhölzern* (Curven) *c d* Fig. 11. Tab. 111. bestehen, und welche Bögen den *Brückenweg* oder die *Brückenbahn* (Fig. X. Tab. 110.) tragen.

Die aus den einzelnen Curven construirten vollkommen zu einem soliden Ganzen verbundenen Bögen Fig. II. III. einer Brückenöffnung, nenne ich in diesem Werke, *Bogenrippen* oder blos *Rippen*; welche also den Bogen oder die *Bögen* der Brücke, d. i. ihre *Oeffnungen* bilden. So besteht z. B. jeder Bogen der Augsburger-Lechbrücke aus *drey Rippen A B C* Fig. 4. Tab. 110. Ihre einzelnen *Curven* stossen allemahl an feste *Stützpuncte*, und diese bestehen entweder aus *Stützsäulen* 7. Fig. II., oder aus der in den Widerlagern liegenden *Stützschwelle*. Gehn zwey Bogen-Rippen von dem einen Widerlager in Diagonalrichtung nach dem entgegen gesetzten, so nenne ich diese so construirten Bögen *Diagonal-Rippen a d, c e*, Fig. III. Tab. 115., und die

stelle, wo sie zusammenstofsen, den *schlufs* oder *Bogenschlufs*. Besteht ein Bogen aus drey Rippen, wie die Mühldorfer-Brücke Tab. 124., so nenne ich zuweilen die Mittlere-Rippe, das *Rückgrad der Brücke*. Die verschiedenen Rippen eines Bogens mufsten nothwendig mit Schwellen in Verbindung gebracht werden, die ich defswegen *Verbindungsschwellen* nenne, und durch diese sowohl als durch jede Rippe geht eine eiserne Schraube. Der Balken oder die Balken E Fig. II^a oder 6. 7. F. IV. T. 110. liegen auf dem Widerlager auf, und laufen über die Seiten-Rippen hin, und da sie den Schlufs der Brückenbögen bilden, so nenne ich sie *schlufsbalken*. Darüber werden, der Queere nach, Schwellen gelegt, oder es werden zwischen zwey Hölzer des Schlufsbalkens, Schwellen eingezapft, und da diese die Längen-Balken des Fahrt- oder Brückenweges (Strafsenträger) tragen, so heifsen dieselbe *Tragschwellen*. Diejenigen Planken, zugehauene Hölzer oder Dielen, welche man queer über die Strafsenträger legt, und die die Oberfläche unter der Kiesbedeckung oder dem Steinpflaster tragen, nenne ich *Deckhölzer*. Zur Stabilität des ganzen Gebäudes, so wie zur Verhinderung seiner Abweichung von der Verticalebene, mufs ihm die möglichst gröfste Steifigkeit gegeben werden. Dazu tragen die Kreutzverbindungen *r r* Fig. X. Tab. 110. wesentlich bey; und da sie vorzüglich die Wirkung des Windes auf die Brücken unschädlich machen sollen, so erhalten dieselbe die Benennung *Windruthen*. Bringe ich schräg stehende Streben *k p* Fig. 3. vom Widerlager oder den Jochen gegen die übrigen Theile der Brücke an, so nenne ich dieselben *spreng-* oder *stützstreben*. Liegende Streben *l*, heifse ich *spannstreben*. Stofsen diese, so wie die Windruthen, gegen kurze lothrecht angebrachte Holzstücke, welche an die Schwellen, Bundhölzer oder Curven befestigt sind, so gebe ich diesen Holzstücken die Benennung *stütz-* oder *spannklötze p* Fig. XI. Die Bögen der Brücken stützen sich entweder an *Joche* oder an *Widerlager*, und es werden ihre Seitenrippen, nach Aussen, mit Bretter Fig. I. beschlagen, d. i., verschaalt, welche *Verschaalung* die Brücke gegen den Schlagregen, die Sonnenstrahlen, und gegen das Schneegestöber schützt, und die mit Oelfarbe zwey- oder dreymal angestrichen wird.

Dieses ist im Allgemeinen die Bezeichnung der Hauptteile einer Bau-Construction, welche, wiewohl sie durch einfache Maximen begründet ist, und bey einigen zwanzig darnach ausgeführten Brücken, die entschiedentsten Vortheile gewährt, gleich anfänglich viele leidenschaftliche und unwissende Widersacher gefunden hat, die aber zu ohnmächtig waren, um ihre Ausführung und ihre Fortschritte zu hindern. Was die Zusammensetzung der einzelnen Theile von diesen Bogenbrücken betrifft, so wird darüber die Beschreibung der von mir ausgeführten, nähere Auskunft geben.

§. 63. Die Kosten dieser Bauart, im Vergleich derjenigen, welche die gewöhnlichen Hängewerke, die Joch- und Pfahlbrücken, und die theuern eisernen und noch kostbahrerern steinernen Brücken, erfordern, anbetreffend: so wird man nicht sowohl auf die zu ihrer Aufführung erforderlichen Summen, sondern auch auf die immer wiederkehrende

Reparaturen und Erneuerungen der Joch- und Pfahlbrücken, und auf die grofsen Kosten der massiven Brücken, Rücksicht nehmen müssen. Nur nach solchen Betrachtungen kann der Staatswirth, von den Ausgaben, welche diese Bogenbrücken erfordern, richtig urtheilen. Aber gesetzt, ihr Bau erforderte auch wirklich gröfsere Kosten als die gewöhnlichen Jochbrücken: so wird er sich doch, bey grofsen Flüssen, lieber dazu entschliefsen, da sie weder den Strom aufstauen, noch Ueberschwemmungen verursachen, sondern vielmehr der Flofs- und der Schifffahrt sehr nützlich sind.

Vergleicht man nun, in Rücksicht der Kosten, den Bau einer steinernen Bogen-Brücke mit dem einer hölzernen, über einen Flufs von 700 Schuh Breite, und nimmt man an: dafs die Brücke fünf Oeffnungen erhalten soll, so wird, nach den bisherigen Erfahrungen (wenn die Werkstücke 28 Stunden auf der Axe transportirt werden müssen); die erstere zwey Millionen Gulden, und die letztere fünfzigtausend Gulden kosten. Hierbey würde also jährlich 97,500 fl. an Intressen gewonnen. Gesetzt aber: die hölzerne Brücke stände nur 100 Jahre, so hätte der Staat, nach Verlauf von hundert Jahren, ein Kapital von 9,750,000 fl., blos an Interessen. Hierzu kommen die gleich anfänglich ersparten 1,950,000 fl., folglich beliefe sich das ganze Kapital, ohne Interesse von Interessen zu rechnen, auf eilf Millionen siebenmal hundert tausend Gulden. Man rechne nun auch zwanzig tausend Gulden für Reparaturen der hölzernen Bogenbrücke, auf hundert Jahre, so bleibt dennoch die Ersparnifs 11,680,000 Gulden. Vergleicht man ferner den Aufwand, bey der in diesem Werke beschriebenen neuen Bau-Construction, mit dem bey den gewöhnlichen Jochbrücken, wie sie noch vor kurzen in Baiern erbaut wurden: so entsteht folgendes Resultat. Eine solche gewöhnlich sieben hundert Schuh lange Brücke kostet zum allerwenigsten, wenn sie zwanzig Jahre bestehen soll, 20,000 fl,, und erfordert jährlich an Reparaturen wenigstens 800 fl. In hundert Jahren mufs sie also fünfmal erneuert werden. Rechnet man nun für jede zwanzig Jahre die Erneuerung und die Interessen, so wie die Reparaturen: so entsteht in hundert Jahren ein Kapital von 650,000 fl. Die Brücke nach der neuen Erfindung würde aber, nach einer gleichen Berechnung, ein Kapital von 320,000 fl. auswerfen, folglich entsteht dabey eine Ersparnifs von 330,000 fl. Da nun bey der Staats-Wirthschaft die Bilançen sich auf die Interessen beziehen müssen: so scheint es, dafs alle diejenigen, welche bey ihren Entwürfen und Unternehmungen nicht ähnliche vergleichende Berechnungen anstellen, und blos auf den gegenwärtigen Augenblick rechnen, nicht nach den geläuterten Grundsätzen der Staats-Oeconomie verfahren.

Die Oeconomie dieser Construction der Bogenbrücken geht auch aus einer genauen vergleichenden Berechnung des Bauholzes, des Eisens und der Kosten, zwischen ihr und den Hängewerken, hervor. Wird eine Bogenbrücke von 169 Schuh Oeffnung nach derjenigen Zusammensetzung, welche der Brücke von *Vilshofen* T. 115. gegeben ist, und bey der *Blochinger* über den Neckar erbauten Hängwerksbrücke ange-

wendeten, eine Berechnung angestellt: so erfordert die letztere 19662 Cubik-Schuh Bauholz und 4288 Pfund Eisen, wo hingegen die erstere nur 8476 Cubik-Schuh Bauholz und 1737 Pfund Eisen bedarf. Wenn man alle Materialien und Arbeitslöhnungen anschlägt, so können beynahe zwey Bogenbrücken, nach meiner Construction, mit der Summe erbaut werden, welche zu einer solchen Hängwerksbrücke nothwendig ist.

§. 64. Da meine jetzt bey vielen Brücken in Anwendung gebrachte Construction wesentlich auf das Krümmen des Bauholzes und auf das große Tragvermögen gekrümmter Hölzer oder der übereinander verbundener *curven* gegründet ist, so will ich einige Versuche und Ansichten über den Widerstand des Bauholzes im Allgemeinen, über die Tragkraft und Elasticität der Curven, so wie über die Preſsbarkeit des Holzes, mittheilen, nachdem ich den Leser auf dasjenige, was ich im 2. Bande S. 494 bis 512 von der Natur des Bauholzes, seiner Auswahl und Behandlung vortrug, verwiesen habe.

Wenn gleich für die Brückenbaukunde keine Eigenschaft der Bauhölzer wichtiger ist, als die Elasticität oder Biegsamkeit und Tragkraft derselben: so sind doch hierüber bis jetzt wenig Versuche im Groſsen angestellt worden, welche allein als brauchbar anerkannt werden können! Man hat unter der *absoluten Festigkeit* des Holzes diejenige Kraft verstanden, womit seine Fasern dem Zerreissen widerstehen. So wichtig nun auch die Erforschung dieser Kraft für die Naturlehre seyn mag, so würde sie keinen wesentlichen Einfluſs auf das Bauwesen haben, wenn man nicht daraus die *relative Festigkeit* des Bauholzes hätte berechnen wollen. Diese Kraft, welche man die *absolute Festigkeit* nennt, ist nämlich so stark, daſs man niemals so schwere Lasten an lothrecht befestigten Bauhölzern hängen wird, welche vermögend wären, ihre Fibern zu zerreissen. In der Baukunde kommen daher nur vorzüglich viererley Widerstände der Bauhölzer, in Betracht zu ziehen; der erste Widerstand ist derjenige, womit ein lothrecht gestelltes Holz die darauf ruhende Last zu tragen vermag, bevor es sich seitwärts biegt und bricht. Man bezeichnet denselben unter der *Rückwirkenden-Kraft*. Da man aber alle Stützen mit den sie belastenden Körpern oben in die genaueste Verbindung bringt, und den Raum zwischen den Grundpfählen ausfüllt, die einzelnen Pfähle aber überdieſs mit den Grundschwellen verbindet; diese Tragkraft oder dieser Widerstand, nach den Versuchen, so groſs ist, daſs er weit mehr, als was man begehrt, leisten kann: so darf man, wenn die lothrecht frey gestellten Hölzer, im Verhältniſs ihrer Dicke, nicht zu lang sind, niemals befürchten, daſs sie durch die darauf gelegten Lasten gebrochen werden. Diese Tragkraft muſs nämlich, je nachdem die Höhe eines solchen Holzes zunimmt, abnehmen, weil die Fibern länger, also leichter ausgebogen und ihr Gewebe eher zerknickbar ist. Der zweyte Widerstand, womit ein als Strebe angebrachter Balken der Theilung seiner Fasern entgegen zu wirken fähig ist, kömmt vorzüglich bey den Sprengwerken vor. Der dritte, wenn ein horizontal gelegter Balken einer auf dessen Mitte oder Oberfläche gelegten Last, ohne zu brechen, begegnet, und der vierte, wodurch ein *gebogener Balken* (Curve)

eine auf seiner Mitte gelegte Last, steht im Gleichgewicht; alle diese verschiedenen Widerstände kann man mit der *relativen Festigkeit* bezeichnen.

Die *absolute Festigkeit* des Holzes ist aber merkwürdig grofs: *Pitot* in den Memoiren der Akademie von 1726 schätzt dieselbe von einer Quadratlinie Grundfläche (nach den Parentschen Versuchen) auf 50 Pf., und nach der von *Varignon* gegebenen Formel 58 bis 60 Pfund, welches ihm seine eigene Erfahrungen auch bestättigt hatten, und er glaubt: dafs die Rückwirkende- der Absoluten-Festigkeit gleich sey. Unter den neuesten Schriftstellern führt *Rondelet* in seinem Traité de l'art de bâtir T. 5. p. 68. einige Versuche an, nach welchen 1) beym Eichenholze, ein lothrecht gestellter Würfel von einer Quadratlinie Grundfläche im Mittel 44 Pfund, und Fichtenholz 52 Pfund trägt, ehe er zerbricht, 2) dafs, wenn die Höhe des Holzes, d. i. dessen Länge, 72mal die Breite der Grundfläche übertreffe, die Rückwirkende-Kraft nur 2 Pfund betrage. Dafs diese sehr grofs ist, zeigen die von *Muschenbrock* in seinem Essai de physique Tom. I. p. 358. angeführten Versuche: so trug ein 144 Quadratzoll Grundfläche und eine Länge von 7′ 6″ (rheinländisch) habendes lothrecht gestelltes Holz, die Last von 132544 Pfund, Leydener-Gewicht. Dies zeigen auch die von *Büffon* in den Memoiren der französischen Akademie von 1741 mitgetheilten Versuche: nach denselben trug z. B. ein 25 Quadratzoll starkes, 7′ langes Holz, 11775 Pfund, welches sich bey einer Belastung von 7000 Pfund 2′ 6″ ausbog. Ferner ist, nach *Eytelwein*, die *absolute Festigkeit* des Eichenholzes von einem prismatischen Stab, dessen Flächeninhalt einen rheinländischen Quadratzoll beträgt, 26600 Pfund. Wir sehen daher: wie dieselbe bey grofsen Bauhölzern so bedeutend seyn müsse, dafs, wenn man sie bey den Hängewerken berücksichtigen wollte, sie alle Erfordernisse übertrifft. Endlich hat *Rondelet* folgendes Verhältnifs aus seinen Versuchen gefunden: ist für einem Würfel die ihn zu zerbrechende Last = 1, so beträgt diese für ein 12mal längeres Holz, von gleicher Grundfläche des Würfels, $\frac{5}{6}$, für 24mal längeres Holz, $\frac{1}{2}$, für 36mal längeres $\frac{1}{3}$, für 48mal längeres $\frac{1}{6}$, und für 60mal längeres $\frac{1}{12}$. 1) Es würde also ein Würfel des Eichenholzes, von 144 Quadratlinien, bey einer Last von 144 . 44 = 6336 Pfund zerbrechen, während Rondelets Versuche ein derselben sehr nahe kommendes Resultat von 6346 Pfund gegeben haben. 2) Ein Holz von gleicher Grundfläche trug 5310 Pfund, während es nach jenem Verhältnifs 5280 Pfund = 144 . $\frac{44 \cdot 5}{6}$ tragen sollte. 3) Ein 6′ langes Holz würde nur 264 Pfund getragen haben. Beym Fichtenholz würde man im ersten Fall 144 . 52 = 7488, im zweyten 6240 Pfund, und im dritten Fall 312 Pfund erhalten; die Versuche gaben 7490 und 6355 Pfund. Da aber ein beym Bauwesen lothrecht gestellter Balken sich nicht biegen soll, so würde man nur $\frac{2}{3}$ dieser Rückwirkenden-Kraft annehmen dürfen.

Im Allgemeinen zeigen nun die Versuche: dafs die *absolute Festigkeit* immer gröfser, als die *rückwirkende* ist.

§. 65. Der relative Widerstand oder die *relative Festigkeit*, womit ein horizontal, auf zwey feste Unterlager gelegtes Holz, einer auf dessen Mitte ruhenden Last widersteht, ohne zu zerbrechen, ist, wie die Versuche zeigen, dessen Höhe und Länge proportional, und da die absolute Festigkeit als diejenige Eigenschaft des Holzes betrachtet werden kann, bey welcher der Zusammenhang der Fibern vollkommen überwunden werden mufs, so hat man darüber die meisten Versuche angestellt, und daraus die relative Festigkeit horizontal gelegter und in der Mitte belasteter Hölzer abzuleiten gesucht. *Rondelet* glaubt folgende mit den Versuchen ziemlich übereinstimmenden Regel gefunden zu haben. 1) Man ziehe von der absoluten Festigkeit $\frac{1}{3}$ des Quotienten, welcher die Zahl ausdrückt, um welche die verticale Höhe des Holzes in der zwischen den Unterlagern statt findenden Länge enthalten ist, ab. 2) Das Product multiplicire man mit dem Quadrat der Höhe des Holzes, und 3) dividire man den Rest durch die Verhältnifszahl der verticalen Höhe zur Länge. Es sey also die absolute Festigkeit $= a$, die Verhältnifszahl ad 3) $= b$, die verticale Höhe des Holzes $= c$, und dessen Länge $= 1$: so erhält man die Formel $\frac{a - \frac{b}{3} \,.\, c^2}{b}$,

welche reducirt folgende ist: $\frac{a \,.\, c^2}{b} - \frac{c^2}{3}$.

Auch die von dem Preufsischen geheimen Oberbaurath *Eytelwein*, in seinem vortrefflichen Handbuch der *Statik fester Körper*, bekannt gemachten Versuche, über den Widerstand des Holzes, sind immer sehr schätzbar, wiewohl man eingestehen mufs, dafs sie für die Anwendung keine sichere Regel begründen, weil sie mit zu kleinen Holzstücken gemacht wurden. Nach einigen dieser Versuche verhält sich die Last, womit die horizontal gelegten Hölzer brachen, zur absoluten Festigkeit wie 1 : 100, wie 1 : 60, wie 1 : 40. Nach diesem Schriftsteller sey l die Länge eines horizontal gelegten Holzes, zwischen den zwey Unterlagern in Zollen, b dessen Breite in Zollen, h dessen Höhe, v die auf der Mitte drückende Last, t die Zeit in Stunden, während der Belastung, und u die Senkung der Mitte des Holzes in Zollen, die am Ende des Versuches statt fand, c die Tiefe, um welche das Holz sich mit der ersten Belastung u senkte, w die gröfste Ordinate, bey welcher das Holz zerbrach, und e^2 die absolute Elasticität, so findet der Verfasser eine auf Voraussetzungen gebauete Formel $e^2 = \frac{l^3\, U}{48\, b \,.\, h \,.\, ^3 c}$ und $48\, e^2 = \frac{l^3\, U}{b\, c \,.\, h^3}$

Bey der Sommereiche ist nach ihm $w = \frac{l^2}{593 \,.\, h}$.

Es sey $l = 12$, $h = 1$ Fufs, so erhält man $w = \frac{144}{593} = 2,91$ Zoll. Der Verfas-

ser führt nun ein Beyspiel an, wie bey einem Getreidboden ein 9″ breiter und 12″ hoher kieferner Balken, welcher 15′ frey gelegen, eine Last von 4725 Berliner-Pfund getragen habe. Er rechnet ferner, daſs der Balken die Hälfte dieser Last zu tragen im Stande gewesen, wenn sie auf dessen Mitte gelegen hätte, und daſs ein Balken den 32sten Theil derjenigen Last in seiner Mitte tragen könne, welche denselben im ersten Augenblick der Belastung zu zerbrechen im stande sey; er findet ferner: daſs die gröſste Länge, womit ein 12″ starker Balken ohne alle Belastung mit Sicherheit liegen könne, 51, 2 Fuſs betrage. Wenn wir aber zur täglichen Erfahrung übergehn, so sehen wir auf 54′ freyliegende Balken, die 14 bis 16 baierische Zoll im Quadrat stark sind, Lasten von 5000 Pfund tragen, ohne daſs sie brechen, sondern sich nur einige Zoll biegen, während diese Last sich über dieselbe hin bewegt.

§. 66. Aus den von mehreren Gelehrten angestellten Versuchen geht ferner hervor: 1) daſs der Widerstand eines horizontal gelegten Balkens um das Dreyfache gröſser ist, wenn man dessen zwey Enden in feste Stützpuncte einschlieſst, als im Gegentheil; 2) daſs derselbe nach dem Quadrat der Höhe des Balkens zunimmt, und 3) daſs ein solcher Balken doppelt so viel trägt, wenn man die Last auf mehrere Puncte seiner Oberfläche vertheilt. Hieraus entstehn also für die Ausübung die wichtige Regeln: 1) alle zum tragen wagrecht liegende Balken sind, wo möglich, mit ihren Enden in Mauern oder Stützsäulen einzuschlieſsen; 2) ist die Höhe der Balken gröſser als ihre Breite zu machen, und 3) muſs man die Last auf so viele Puncte als möglich, zu vertheilen suchen, wie bey den Bogenbrücken geschieht.

§. 67. Man hat also, wie oben gezeigt ist, aus der absoluten Festigkeit die relative berechnen wollen. Wenn wir aber die Natur des Holzes betrachten, und vorzüglich die Cohärenz seiner Fibern, so wie den Umstand erwägen: daſs, je länger man die Last ruhen läſst, je mehr sich ihre Wirkung vergröſsert, dann die verschiedenen Aeste, die mindere oder gröſsere Reichhaltigkeit des Saftes und Harzes, die vollkommne Reife des Holzes, seine Stärke und die Länge der Fibern berücksichtigen: so ist nicht abzusehen, wie der verschiedenartige relative Widerstand, den ein horizontal gelegter Balken, einer darauf gelegten Last, darbietet, mit der absoluten Festigkeit vergleichbar sey, und wie man durch die im Kleinen angestellten Versuche, selbst durch die *Girardschen*, *) solche Berechnungen begründen könne, welche für die Ausübung nur einigermassen eine Sicherheit gewähren. Es werden daher nur vielfache, im Groſsen angestellte Versuche, entscheiden, an denen es aber bisher noch fehlt. Wenn der Ingenieur also neue Constructionen ausführen will, so wird derselbe genöthigt seyn, nur mit der Construction des Bauwerkes übereinstimmende und analoge Versuche anzustellen. Wer aber nur einige Versuche im Groſsen gemacht hat,

*) Traité analytique de la resistance de solides etc. par Girard. Diese Schrift ist von dem Kammerrath *Krönke* zu Darmstadt übersetzt, und diese Uebersetzung hat den Titel: *Girards* Analytische Abhandlung von dem Widerstande fester Körper.

wird eingestehen: dafs sie nicht nur kostbar sind, sondern auch ihre Resultate untereinander, wegen den oben angeführten Verschiedenheiten, die wir bey dem Holze antreffen, von einander merklich abweichen. Man wird daher zum sichersten in der Ausübung verfahren, wenn man nach den Wirkungen bey bestehenden Bauwerken sich näherungsweise richtet. So sehen wir §. 05., dafs Balken von 50 Schuh Länge und 15 Zoll Höhe eine darüber bewegte Last von 50 Centner tragen, und sich nur 2 bis 3 Zoll biegen. Diese Biegung ist nun, wie uns die Erfahrung zeigt, mit keinem Nachtheil für eine Jochbrücke verbunden. Wie sehr diese Erfahrung bey unsern Jochbrücken, wo mehrere Balken gemeinschaftlich die darüber gehenden Lasten, die oft keine *ruhende Beschwerung* sind, tragen, von den Versuchen abweicht, glaube ich hier anführen zu müssen. Ein 50 Schuh langer, 12 Zoll ins Quadrat starker, dürrer fichtener Balken, welcher mit seinen beyden Enden eingespannt war, senkte sich in seiner Mitte, durch seine eigene Last, 18 Linien, und mit einer auf dessen Mitte gelegten Beschwerung von 903 Pf. Breite, drey Zoll. 2) Zwey solche auf einander gelegte und mit den Enden eingespannte Balken senkten sich durch ihre eigene Schwere 18 Linien. 3) Ein gleich grofser Balken wurde in der Mitte 18 Zoll gekrümmt, und jetzt war eine Belastung von 6512 $\frac{1}{3}$ Pf. nothwendig, um diese Curve 3 Zoll in der Mitte herunter zu drücken, so dafs sich also der Widerstand von dieser zu dem des Balkens wie 7, 2 : 1 verhält. Hieraus würde hervorgehen, dafs die noch wenig gekrümmten Hölzer einer siebenfachen Last als die horizontalen widerstehen können; die Krümmungshöhe war nämlich bey dieser Curve noch unbedeutend. Ja, es zeigen mehrere Versuche: dafs die Curven einer zehnfachen Last als gerade Balken, einen für die Ausübung hinreichenden Widerstand entgegensetzen. Im Allgemeinen wäre diejenige Last, welche erforderlich ist, eine Curve, horizontal zu senken, als eine Verstärkung ihres Tragvermögens, in Vergleich desjenigen eines horizontalen Balkens, anzunehmen, wenn nicht die bereits auseinander gedehnten und dann wieder, durch das Herabbiegen einer zur horizontalen Lage gesenkten Curve, zusammen geprefsten Fibern des Holzes, an ihrem ursprünglichen Zusammenhange gelitten hätten. 4) Eine zweyte, dürre fichtene Curve wurde zu eben dieser Bogenhöhe gespannt, und mufste mit 15901 Pfund beschwert werden, ehe sie sich 11 $\frac{1}{2}''$ senkte. Bey diesem Versuche wurde die Last auf drey Puncte vertheilt, und man würde daraus folgern können, dafs auch bey den Curven die Last doppelt so grofs seyn könne, wenn sie auf mehrere Puncte aufliegt, als auf einen. Es ist diese gröfsere Tragbarkeit der Curven auch leicht erklärbar; denn bey dem Krümmungs-Manöver eines Balkens werden seine Fibern an der untern Fläche zusammengeprefst, und nach der Krümmungslinie gebogen, folglich müssen sie erst von der darauf liegenden Last von neuem zusammengedrückt werden, bevor sie aus der erhaltenen Lage weichen; und können daher, selbst kurz vor dem Bruche, ihre horizontale Lage nicht erhalten. Je mehr

eine Curve gekrümmt wird, ohne dafs ihre Fibern zerrissen werden, desto gröfser ist daher der Widerstand, den sie einer darauf gelegten Last entgegensetzt.

§. 68. Die Kenntnifs von der Tragkraft gekrümmter Hölzer ist bey dem Bau der Bogenbrücken vorzüglich wichtig; defswegen will ich folgende Versuche anführen. Ich liefs auf dem Werksatze, wo die Vilshofer Bogenbrücke construirt wurde, am 15. July 1809 einen 12 Zoll im Viereck starken, 58 Schuh langen, nicht zu trockenen fichtene Balken in der Mitte 44 Zoll hoch krümmen, so dafs sich die Krümmungshöhe zur Balkenlänge wie 1 : 15, 8 verhielt. Diese Curve war zwischen zwey sichere Stützpuncte gespannt. Nachdem sie von ihrem Unterlager befreyt war, wurden auf ihre Mitte zwey grofse Eichen gelegt, die 9600 Pfund wogen, und jetzt senkte sich dieselbe 5 Zoll. 2) Am 5. Juny 1811 wurde auf dem Werkplatz bey der Rosenheimer Bogenbrücke ein 12 Zoll im Viereck starker, kieferner, im Februar gehauener Balken *A* (Fig. 49. Tab. 122.) über drey Unterlagpuncte 1. 2. 3., vermittelst zweyer Hebel *i i* und einer Zugwinde *k*, dergestalt gebogen, dafs die Biegungshöhe in der Mitte 30 Zoll betrug. Da dessen Länge im geraden Zustande 50 Schuh war, so verhielt sich jene zu dieser wie 1 : 20. Die Stützpuncte bestanden in zwey 7 Zoll tiefen in einen 16″ im Mittel starken, fichtenen Balken eingehauene Kerben oder Verzahnungen *o*. Dieses Balkens zwey Enden bis zu den Kerben, hatten 8 bis 8 ½ Schuh zur Länge, damit der Seitendruck der beschwerten Curve nicht eine Zerreissung der durchschnittenen Fasern bewirken konnte. Bey dem Krümmungs-Manöver wurde der gerade Balken mit zwey Ketten *l l*, deren Glieder 1″ zur Stärke hatten, an dem einen Ende umgeben, dann wurde er zwischen dieser Kette und den Balken zwey 2 ½′ lange Keile *m m* gegen einander getrieben. Jetzt drückten drey Mann jeden Hebel *i i* herunter, und ein Mann drehte die Kurbel der Gewinde *k*. So wie nun der Balken *A* die Unterlager *i*. 2. erreichte, und in die Kerbe des 66′, 2 ½″ langen geraden Balkens *B* genau einpafste, wurde die Kette *p* (Fig. 50.), darum geschlungen, und zwischen ihr und der Curve zwey eichene Keile eingetrieben, die Unterlager 1. 2. 3. ausgeschlagen, und jetzt sah man die Curve *A*, wie sie gezeichnet ist. Dieses Manöver wurde binnen 2 Stunden vollzogen. Zwölf Tage später liefs ich in meiner Gegenwart über die Tragkraft dieser Curve folgenden Versuch anstellen.

Zur Beschwerung wurden fichtene Bäume, die mit Buchstaben bezeichnet waren, und deren cubischer Inhalt genau berechnet war, genommen. Der Cubik-Schuh wog 25 Pfund. Es wurde ein Balken von 57 Schuh Länge, dessen Schwere 1700 Pfund betrug, auf die Curve bey *x* schwebend (queer über die Curve) gelegt. Die Curve senkte sich in der Mitte 9 Linien. Man legte einen Balken von 1957 Pf. auf die Stelle *y*, und die Senkung betrug in der Mitte 17 Linien. Bey *z* gegen *A* zu wurde ein zweyter, 1700 Pfund schwerer Balken auf diese Seite gelegt, und die Biegung der Curve betrug in der Mitte 19 Linien. Bey der Stelle *u* wurde der

vierte 2100 Pfund schwere Balken gelegt, und die Biegung der Curve betrug in der Mitte 20 Linien, so daſs die Last, womit sie auf diesen vier Punkten beschwert war, 7457 Pf. ausmachte. Nun legte man die zwey erstern Balken, deren Schwere zusammen 3650 Pf. betrug, über die Mitte der Curve, und dieser ihre Senkung war 22 Linien. Es wurden ferner auch die zwey folgenden Balken, deren Schwere 1700 + 2100 = 3800 Pfund betrug, gegen die zwey bereits auf die Mitte der Curve liegenden gewälzt, so daſs die Beschwerung 3800 + 3650 = 7450 Pfund ausmachte. Jetzt war die Mitte der Curve 34 Linien, folglich mit eben der oben angeführten Last von 7457 Pfund um 14 Linien mehr gesenkt, da sie über der Mitte der Curve lag, als da sie auf die vier Puncte x, y, z und u gelegt worden war. Bey diesem Experiment betrug die Senkung der Curve beym Puncte x 17 Linien, beym Puncte y 20 Linien. Ietzt hatten sich die zwey Enden der Curve, jedes Ende o einige Linien, in das Hirnholz des Balkens *B* eingeschoben, so daſs die Curve länger geworden war. Auch hatte sich die Curve in der Mitte 4″ auf der Seite ausgebogen. Ein Beweis, daſs man beym Bau der Bogenbrücken die Seitenausbiegung stets zu verhindern trachten und für unwandelbahre Stützpunkte sorgen müsse; daher dazu keine Verbindung von auf die hohe Kante gestellten Bohlen anzuwenden ist. Eine gröſsere Seitenausbiegung zu vermeiden, wurde eine Schrägstütze gegen die Mitte der Curve angestemmt. Es wurden abermals zwey Bäume der Mitte der Curve zugewälzt, deren Last 2871 Pfund betrug und ihre Senkung maſs jetzt 48 Linien; bey den Punkten g und h aber 18 Linien. Die drückende Last betrug also 7450 + 2871 = 10321 Pf. Ueber diese 6 Balken wurde, parallel mit der Curve, noch ein 7ter gelegt, dessen Schwere 1725 Pf. betrug. Die Mitte der Curve hatte sich jetzt 63 Linien gesenkt. Bey den Puncten g und h war die Senkung 27 Linien, so daſs also die Last 12056 Pf. ausmachte. Endlich wurde in eben dieser Lage ein 1800 Pfund schwerer Balken auf die Mitte, nämlich queer über die unten liegenden sechs Balken gelegt, und diese acht Balken erhielt man schwebend. Es war also die gesammte Last 13856 Pfund. Kaum waren diese Balken schwebend, als die Curve in vier verschiedenen Puncten brach, und man kann daher die Last von 12056 Pfund als ein Maximum ihrer Tragkraft annehmen. Die Brechung geschah zuerst 13″ von der Mitte, dann von dem rechtseitigen Stützpuncte 8′ 9″ entfernt, bey einem starken Aste, und etwa zur Seite vom linkseitigen Stützpuncte 4′ 6″ und rechts von der Mitte 3′ 6″ entfernt. Bey dem Aste hatten sich die Holzfibern in die Höhe geschoben.

§. 69. Der Ingenieur, welcher groſse Bauwerke auszuführen hat, wird die Berechnung ihres Widerstandes, die sie leisten, niemals durch die Resultate einzelner Versuche begründen. Es muſs daher auch bey der Construction der Bogenbrücken allen Einwürfen begegnet seyn, wenn ich, ungeachtet der (durch die aus mehrern Rippen bestehenden Bögen, durch die Verbindung, welche die Windruthen und Streben ausmachen) vergröſserten Stabilität und Tragkraft des Ganzen, die Tragkraft einer Curve

nur zu 50 Centner, d. i., kaum die Hälfte annehme, welche jene Versuche geben, und den Umstand gar nicht berücksichtige, daſs die Schwere der über Brücken gehenden Lastwägen auf mehrere Tragpuncte vertheilt wird. Wir wollen jedoch bey dieser Berechnung das aus den Versuchen mehrerer Gelehrten hervorgehenden Resultat annehmen, nämlich: daſs die Tragkraft eines Balkens nach dem Quadrat seiner Höhe zunimmt. Wird demnach der Bogen einer Brücke aus drey Bogenrippen, wie bey der Augsburger Brücke T. 110., zusammengesetzt, worin jede Rippe aus drey übereinander gelegten Curven besteht: so erhält man eine Last von 3 . 3 . 9 . 50 = 1350 Centner, womit man, abgesehen von der durch die andern Zimmerverbindungen vergröſserten Stabilität oder Tragkraft, die Mitte eines Bogens beschweren könnte, ohne daſs er sich senken würde. 2) Ber der *Bamberger-Brücke* bestehen die Seitenrippen, in der Mitte des Bogens, aus drey aufeinander und zwey nebeneinander gelegten dreyfachen Curven und die mittlere Rippe an den Seiten, aus einer, und in der Mitte aus drey, so daſs man in allem 17 Curvenlagen hat. Man würde daher die Mitte dieser Brücke mit 2 . 2 . 9 . 50 + 9 . 50 + 2 . 50 = 2350 Centner beschweren können. Aber diese Last ist noch bey weitem nicht diejenige, welche solche Brücken zu tragen im Stande sind. Es zeigt nämlich eine Analyse dieser Bauconstruction; daſs nothwendig der Druck von derjenigen Last, die man auf die Mitte einer solchen Brücke legt, nicht nur auf diese allein drückt, sondern sich auch auf die nächsten Tragpuncte, welche daselbst Statt finden, wo die Unterstützung der Schluſsbalken auf die Bogenrippen aufliegen, ausdehnt; daher trug denn auch die Bamberger-Brücke eine Last von 10169 Centner, welche von dem darauf gelegten Pflaster entstand. Ferner leidet, nach meiner Erfahrung, der Bogen einer solchen Brücke in der Nähe des siebenten Theils vor den Widerlagern, wenn man den Bogen in acht gleiche Theile theilt, zum stärksten, wenn die Mitte beschwert wird oder eine Last darüber hingeht. Auch wird dadurch die Belastung einer Brücke auf desto mehrere Puncte ausgedehnt, jemehr man in den Schwellenfeldern Windruthen und Spannstreben anbringt, d. i., die Steifigkeit des Bogens vermehrt. Wenn man endlich über die Vertheilung des Druckes derjenigen Lasten, welche über solche Brücken gehen, oder die dieselben stets beschweren, nachdenkt, und die Einwirkung der Windruthen, Stütz- und Spannstreben auf die Stabilität des Bogens und auf die Vertheilung des Druckes betrachtet, auch in Erwägung zieht, daſs die Wirkung des Druckes langsam bewegter Lasten anders ist, als der im Trott über solche Brücken gezogenen, und noch anders, wenn über die Brücke Kavallerie im Trabe reitet *); daſs

*) Ueber die Bogenbrücken zu Augsburg, Oettingen und Mühldorf fahren häufig 5 Frachtwägen, ein jeder mit 8 Pferden bespannt, dicht hintereinander, so, daſs diese Brücken von einer 1080 Centner betragenden in Bewegung gesetzten Last beschwert sind, ohne daſs eine Senkung der Bögen Statt fand. Bey der ersten Oettinger-Brücke (Tab. 117.), die nur in jedem Bogen zwey Rippen, jede aus drey Curven bestehend, hat, haben jedoch mehrere Beobachtungen gezeigt,

die über die eine Hälfte des Bogens gehende Last diese Hälfte abwärts zu drücken strebt, während sie die gegenüber stehende Hälfte aufwärts zu spannen trachtet, und dafs unmöglich die Tragkraft der einzelnen Curven, deren Fasern und Aeste so verschiedenartig sind, und deren Tragvermögen von ihrer Stärke und Länge, von ihrer Biegungshöhe und von der Form des Bogens selbst mit abhängt: so dürfte der Ingenieur eingestehen müssen, dafs es ihm niemals gelingen werde, eine genaue Berechnung über das Tragvermögen solcher Brücken anstellen zu können, und ich bin überzeugt, dafs dasselbe bey einem vollkommen gut nach meiner Methode construirten Bogen sechsmal so viel beträgt, als die Berechnung, welche man durch das gefundene Tragvermögen einzelner Curvenlagen begründet. Ich glaube daher, der Brückenbaukunde und allen Ingenieurs einen wesentlichen Dienst zu leisten, wenn ich in diesem Werke meine Erfahrungen und Beobachtungen, ohne Rücksicht mittheile, und sowohl im Allgemeinen als auch in den Beschreibungen der Brücken die aus der Erfahrung abstrahirten Maximen aufstelle *), damit diejenigen, welche solche oder ähnliche Bogenbrückeu, wie in diesem Werke beschrieben sind, erbauen wollen, diese Erfahrungen benutzen und dieselben erweitern mögen. Ich bemerke daher im Voraus, dafs sie alle die Verstärkungen, welche ich später angebracht habe, berücksichtigen sollten, und zwar um so mehr, als die Ausführung dieser Brücken anfänglich, bis mehrere Werkleute geübt sind, niemal so gut ausfallen wird, als späterhin.

Wie grofs indessen das Tragvermögen der Bogenbrücken sey, beweisen die bereits ausgeführten Brücken evident. Ich will nur ein Beyspiel unter vielen anführen. Als die Bamberger-Brücke (T. 120.) in den fahrbahren Zustand gebracht war, liefs ich sie mit einem Pflaster bedecken, und ich setzte fest: dafs ein 2 Zoll dünner Thonschlag, über die Deckhölzer gelegt, und dann 6 bis 7 Zoll hohe Pflastersteine in Sand regelmäfsig eingesetzt werden sollten, so, dafs die gesammte Höhe dieser Bedeckung etwa 12 — 13 Zoll betragen sollte. Die Trottoirs liefs ich aus vier Zoll dicken Steinplatten machen. Auf diese Weise betrug die Last des 22 Schuh breiten Fahrweges (ohne die Deckhölzer und Strafsenträger) 5388 Centner. Wenn man nämlich für den Cubikfufs Pflaster und Thon einen Centner rechnet, so beträgt die Schwere des Fahrtweges, mit 215′ vervielfältigt, als der Länge zwischen den Widerlagern oder der Bo-

dafs der mit zwey schweren Lastwägen beschwerte Bogen 2 1/2 Zoll sich senkte, und dafs er gleich wieder seine ursprüngliche Höhe erhielt, wenn die Lastwägen den zweyten oder näahsten Bogen befuhren.

*) Der Professor Späth zu München hat eine Statik über meine hölzernen Bogenbrücken (1811) geschrieben, welche Schrift einen schätzbaren Beytrag zur Brückenbaukunde ausmacht, indem man solche Gegenstände nicht genug untersuchen kann. Ich empfehle daher diese Schrift allen, die sich mit der Brückenbaukunde beschäftigen.

genöffnung, mit 22′ Breite des Fahrweges = 4730 Kubikschuh, und also eben so viel Centner; die Trottoirs, welche aus Werkstück-Platten, wovon der Cubik-Schuh 115 Pfund wiegt, und die vier Zoll hoch sind, enthalten 573 Cubik-Schuh, wiegen daher 658 Centner. Diese Last von 4730 Centner liegt auch noch gegenwärtig 1814 auf diese Brücke. Bis zum May 1813 war sie aber mit 10169 Centner belastet; denn als sie zum erstenmal gepflastert wurde, da hatte man meine oben angegebene Vorschrift, wegen der Decke des Pflasters, überschritten; zuerst einen Schuh Erde auf die Deckhölzer gebracht, und dann erst ein 12 Zoll hohes Pflaster aufgesetzt, so, daſs man das doppelte Gewicht für den Fahrtweg, mit 9460 Centner, und das einfache für die Trottoirs mit 658 erhält, welches die Last von 10118 Centner ausmacht. Nimmt man den verticalen Druck dieser Last auf die 45 Tragpuncte der Brücke als vertheilt an, so erhält man 226 Centner für einen jeden Tragpunkt, also nicht einmal den zehnten Theil der Last, womit diese Brücke in der Mitte beschwert werden kann. Wird nun in Erwägung gezogen, daſs über die Bamberger-Brücke seit dem 8. December 1809 zahllose Lastwägen, die Artillerie der Armeen, und die Kavallerie im Trott gesprengt ist, und daſs bey dieser auſserordentlichen Erschütterung und der Elasticität des Holzes nothwendig eine Oscillation des Bogens (wenn auch unmerklich) erfolgen muſste: so wird man eingestehen müssen, daſs die Tragkraft der so construirten Bogenbrücken weit gröſser sey, als diejenige, welche von den Absichten des Brückenbaues in Anspruch genommen wird, und man kann daher, wie gesagt, mit der gröſsten Gewiſsheit annehmen, daſs diese Bogenbrücken, wenn ihre Stützpuncte oder Widerlager nicht nachgeben, ohne alle Gefahr eine sechsfache Last tragen können, welche man durch Rechnung erhält, wenn man diejenige Last, womit eine einzige Curve beschwert werden kann, als ein Hauptdatum angenommen hat.

§. 70. Ein anderer wichtiger Gegenstand bey dem Bau der Bogenbrücken ist die Elasticität des Bauholzes; man muſs nämlich näherungsweise wissen, wie stark man die Hölzer krümmen könne, ohne daſs die Fibern zerreiſsen; und diejenigen Versuche, welche für die Ausübung vom Nutzen seyn sollen, müssen auf eine Art angestellt werden, welche derjenigen ähnlich ist, nach welcher man bey der Ausübung verfährt. Bey den Bogenbrücken erhalten nämlich die zu krümmenden Hölzer ein oder mehrere Unterlager. Auf diese Weise habe ich folgende Versuche auf dem Wasserbauhof zu München angestellt. Die Vorrichtungen dazu bestanden aus 6 bis 13 Fuſs tief eingerammten Pfählen, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Fig. 1. Tab. 112., und aus neun Stützstreben *a*, wovon die linkseitigen sechs an eine sich an einen Pfahlzaun anlehnende Schwelle gestützt waren, 2) aus der Stützschwelle *A A*, unter welche der zu krümmende Balken *B C* gesteckt ward. Diese Vorrichtung diente dem Balkenende *B* zum Widerlager. 3) Der Balken selbst lag auf zwey Unterlagern *D* und *E*. 4) Auf den Balken *B C* war ein Holz *F* gelegt, um des Balkens Ende

desto tiefer senken, und die Spannkette *G* um dasselbe und den, durch zwey, 4 Schuh tief eingerammte Pfähle, gehenden Riegel *H* schlingen zu können. Die Kette *G* sowohl als die Kette *I*, welche zusammen 263 ½ Pfund wogen, wurden nach jedem, vermittelst der Zugseile und dem Flaschenzuge Fig. 2. bewerkstelligten Aufziehen des Hebels *KL*, jedesmal verkürzt. Dieser Hebel ruhte, während der Krümmungsoperation, auf einem zwischen den Pfählen durchgehenden Unterlager *M* Fig. 2. So wie nun das Ende *L* des Hebels, woran auch Gewichte *p* gehangen waren, heruntergieng, bog sich der Balken genau nach einer Bogenlinie, nämlich von seinem Haupt-Unterlager *E* oder seinem Biegungspuncte an, nach beyden Seiten zu, und hob sich deſswegen etwas über das seinem Stützpuncte zunächst liegende Unterlager *D*, während derselbe das Unterlager *E* einzudrücken strebte. Der runde Hebel *ML* hatte von dem Unterlager *M* an bis zur Stelle, wo die Gewichte angebracht waren, eine Länge von 33 Schuh, und dessen Stärke betrug 10 ½ Zoll im Mittel. Die Resultate dieser Versuche waren folgende.

Erster Versuch den 13. April 1808. Biegung der zwey ersten 53 Fuſs langen fiichtenen, aufeinander gelegten Balken, jeder 10″ bis 10″ 2‴ im Viereck stark.

	Zoll	Linien
Biegung mit eigener und Ketten-Schwere und dem groſsen Hebel *ML*	21	10

Die Druck-Kraft an dem einen Ende des Balkens, als wirkend angenommen, beträgt in Pfunden 3270 *).

2) Nach einem Biegungs-Manöver zu 37 Zoll 9 Linien, trennten sich die Fibern beyder Balken und das Holz fieng an zu brechen. Das untere Holz wurde beym Unterlager *E* eine Linie der Höhe nach zusammengepreſst; das obere Holz hatte sich nach der Breite ½ Linie ausgedehnt. Ich lieſs bey diesem Experiment zwey Balken zusammenschiften (so daſs es eigentlich vier Hölzer waren) und um die geschifftete Stelle zweyer Hölzer eine Kette schlingen, dann aber Keile dazwischen eintreiben. Auch lieſs ich in je zwey aufeinander liegenden Hölzern solche Schuſskeile

*) Den zu krümmenden Balken (T. 112. F. 1.) hatte ich bey der Hälfte und einem Viertheil seiner Länge auf Unterlagern legen lassen, und der 33 Schuh lange Hebel *KL* senkte sich bey jedesmaligem Biegungs-Manöver bis auf den Boden herab, so daſs die an demselben 3, 2 Schuh vom Bewegungs-Punkte angebrachte Kette das über das Balkenende 3 Schuh hinausreichende Holz *F* senkrecht herabzog. Die Druck- oder Zugkraft, welche die Schwere der Ketten und des Hebels *ML* auf das Ende des Balkens ausübte, findet sich nach statischen Berechnungen so: die Schwere des Hebels beträgt 520 Pfund, es ist daher $3{,}2 \cdot x = \frac{53}{2} \cdot 520$ und $x = 2681$ Pf. ist die 3 Schuh vom Balkenende wirkende Zugkraft vom Hebel allein. Addirt man zu diesen 2681 Pfund noch die Schwere der Ketten = 263 Pfund, so erhält man 2944 Pfund. Der Druck y der Ketten und des Hebels am Balkende selbst, ist daher 3270 Pf., gemäſs der Gleichung $\frac{53}{2} \cdot y = (\frac{53}{2} + 3) \cdot 2944$. Auf diese Weise ist die Wirkung der in *F* angebrachten Ketten allein auf das Balkenende zu 277 Pf., und nach denselben Grundsätzen ist die am Ende der Versuch-Balken wirkende Druckkraft, bey den verschiedenen Versuchen berechnet.

anbringen; dies geschah, um diesen Versuch der Construction der Bogen-Brücken analoger zu machen.

Der *zweyte Versuch* wurde den 13. April Nachmittags mit einem groſsen 16″ im Quadrat starken, 53′ 6″ langen, nach sechs Schnurschlägen behauenen fichtenen Balken gemacht. Wie dessen Fibern nachher sich bey dem Bruche trennten, das ist in Fig. III. Tab. 112. dargestellt.

Diese Versuche geben folgende Resultate:

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Erstes Biegungs-Manöver durch Schwere des Balkens und der Auflage	2	6	277
Zweyte Biegung durch die Schwere des Hebels . . .	6	7	3270
Dritte Biegung, mit einer Auflage auf das Hebelende von 60 Pf., die ein Mann an einer Schnur hielt, also 60 . 2 = 120 Pf.	11	10	4651
Vierte Biegung, auf die nämliche Art mit 125 Pf. . 2 = 250	17	6	6146

Die Stützpunkte, welche anfänglich aus den fünf eingerammten Pfählen 4. 5. 6. 7. 8. Fig. II. bestanden, lieſsen nach. Ich ordnete daher die angegebene und oben beschriebene Vorrichtung an, welche vollkommen sichre Stützpuncte abgab, und hielt mit den Versuchen so lange inne, bis dieselbe gemacht worden war.

Dritter Versuch: den 16ten wurde bey dieser neuen Vorrichtung mit den nämlichen Balken experimentirt.

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Erste Biegung durch die Schwere des Balkens, der Kettenschwere und vorheriges abgebrochenes Biegen, bey welchem der Balken also durch das erste Manöver um einen Zoll Elasticität verlohren hatte.	3	6	277
Zweyte Biegung, durch die Schwere des groſsen Hebels	5	8	3270
Dritte Biegurg, mit der Auflage auf den Hebel von 60 . 2 = 120 Pfund	10	6	4651
Vierte Biegung, mit 125 Pf. (Aufl. 5 Fuſs am Ende d. Hebels angebracht)	11	1	4708
Fünfte Biegung, mit 125 + 60 Pf. (Aufl. 5 Fuſs am Ende d. Hebels angebracht)	12	10	5399
Sechste Biegung, m. 245 Pf. (Aufl. 5 Fuſs am Ende d. Hebels angebracht)	16	1	6089
Siebente Biegung, mit 400 Pf. (Aufl. 5 Fuſs am Ende d. Hebels angebracht)	17	11	7868
Achte Biegung, mit 520 Pf. (Aufl. 5 Fuſs am Ende d. Hebels angebracht)	20	—	9249

Dieses war ein Maximum: denn hier trennten sich die Fibern des Balkens. Nur einige rissen sich gänzlich los und die Splitter sprangen aus dem Innern über die Oberfläche des Balkens hervor, wie es Fig. 3. zeigt. Der Balken war zuletzt auf der Unterlage 1 ½ Linie zusammengepreſst.

Vierter Versuch mit drey auf einander befestigten 10″ starken 50′ 6″ langen fichtenen Balken.

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Erste Biegung: von der Schwere des Balkens und den Ketten G, so wie des Holzes F s. Fig. I.	6	5	277
Zweyte Biegung durch die Schwere des Hebels . . .	11	8	3270

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Dritte Biegung mit 60 Pf. Auflage, am Ende desselben	17	10	3961
Die Zusammenpressung des mittlern Balkens betrug 2 Linien und des untern eine Linie.			
Vierte Biegung mit 120 Pf. Gewicht, am Ende des Hebels angebracht	23	6	4651
Fünfte Biegung: abermals mit dem nämlichen Gewichte, trennten sich die Fibern etwas .	28	6	4651
Sechste Biegung, abermals mit 120 Pf.	35	—	4651
Siebente Biegung, mit dem nämlichen Gewichte . . .	46	—	4651
Nachdem zu den letztern vier Biegungen der Hebel mit dem nämlichen Gewichte 4mal aufgezogen und niedergelassen wurde, zerrissen die den Kern umgebenden Fibern des obern Balkens. Derselbe hatte aber nach diesem Bruche noch eine Elasticität von zwey Schuh, auf seine ganze Länge, da er zurücksprang, als von seinem Ende die Ketten weggenommen waren; ein Beweis, daſs der Kern nicht zerbrochen war.			
Fünfter Versuch: mit einem unbeschlagenen, oder runden von der Rinde entblöſsten fichtenen Baum.			
Erste Biegung: durch Kettenschwere und dem Holze F Fig. I.	3	10	277
Zweyte Biegung, mit dem Hebel	11	—	3270
Dritte Biegung mit 60 Pfund am Ende des Hebels . . .	17	3	3961
Vierte Biegung mit 120 Pf.	23	6	4651
Fünfte Biegung mit dem nämlichen Gewichte . . .	28	6	4651
Sechste Biegung, wurde mit gleichem Gewichte wiederholt und die Fibern fingen an zu zerreissen	46	—	4651
Der Baum hatte seine Elasticität noch nicht ganz verloren; ein Beweis, daſs der Kern nicht gebrochen war.			
Sechster Versuch mit fichtenen Floſsholz, vierkantig zu 13″ à 13″ 6‴ behauen; dessen Länge betrug 44¾′. Das Haupt-Unterlager war in der Mitte des Balkens angebracht.			
Erste Biegung, mittelst des Hebels und der Kettenschwere	9	—	3335
Zweyte Biegung mit Anhängung von 125 Pf. an den Hebel	11	8	4802
Dritte Biegung mit demselben Gewichte	16	1	4802
Vierte Biegung mit Anhängung von 77 Pfund . . .	19	7	4238
Fünfte Biegung mit Anhängung von 102 Pfund . . .	23	—	4531
Die Fibern fingen an, bey dieser Bogenhöhe von 23″ zu zerreiſsen. Sie zerrissen bey 28″ 6‴ gänzlich. Die Oberfläche des Balkens hatte sich bey dem ersten Experiment nach der Breite 3 Linien ausgedehnt.			
Siebenter Versuch mit einem eichenen 12″ à 15″ starken und 37′ 5″ langen Balken.			
Erste Biegung durch Ketten- und Hebelschwere . . .	7	2	3400
Zweyte Biegung durch die Hebelschwere und 25 Pfund am Ende dieses Hebels angebracht	10	1	3699
Dritte Biegung, mit Niederlassung dieses Hebels . .	12	—	4300

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Vierte Biegung mit einem an dem Ende des Hebels anhangenden Gewichte von 25 Pf.	14	—	3699
Das *fünfte Experiment*, nachdem der Hebel wieder aufgezogen, ward mit eben dem Gewichte wiederholt . . .	16	6	3699
Die Fibern zerrissen bey 18 Zoll Krümmungshöhe, so daſs der Balken die Bogenlinie verlor.			
Achter Versuch mit einem tannenen 15″ starken Balken, der auf der Isar geflöſst war, und dessen Länge $44\frac{1}{2}$ Schuh betrug. *Erste-*			

	Zoll	Linien	Druck-kraft in Pfunden
Erste-Biegung durch Ketten- und Hebelschwere . . .	6	3	3335
Zweyte Biegung durch die Hebelschwere und Anhängung von 25 Pfund	10	3	3628
Dritte Biegung mit Anhängung von 50 Pfund . . .	15	3	3920
Die Fasern zerrissen bereits bey dieser geringen Biegung, so daſs der Balken nicht mehr nach einer Bogenlinie gebogen werden konnte; ein Beweis von der Untauglichkeit des auf dem Wasser geflöſsten Tannenholzes, zu den Bögen der Lehrgerüste und Bogenbrücken.			

Neunter Versuch. Auf dem Zimmerplatze der auf Tab. 119. dargestellten Altenmarker-Bogenbrücke wurden zwey 65 Schuh lange, und 12 Zoll starke grüne fichtene und kieferne Balken mit Schraubgeschirr gebogen, wie dieſs auf eine ähnliche Art in Fig. 44. Tab. 122. dargestellt ist. Der letztere erhielt eine Biegungshöhe von 29 Zoll, ehe die Holzfibern zerrissen, und der erstere von 22 Zoll. Dieser Versuch giebt also die Bestättigung: daſs das kieferne Holz elastischer als das fichtene ist.

Zehnter Versuch. Bisher hatte man an der Krümmungsfähigkeit des Eichenholzes zu Bogenbrücken, ohne dasselbe vorher erwärmt zu haben, gezweifelt; ich lieſs daher auſser dem schon beschriebenen Versuche noch andere Versuche machen, und bey der Rosenheimer-Bogenbrücke (Tab. 122.) eine Curve aus Eichenholz hauen, deren Länge 59 Schuh betrug, und doch hatte die Krümmungs-Ordinate $28\frac{3}{4}$ Zoll, so daſs diese zu jener sich wie 1 : 24, 62 verhält.

Eilfter Versuch. Am 30. und 31. Januar 1811 lieſs ich mit zwey Eichen, vor der Einziehung jener Curve, folgenden Versuch, daselbst machen. Diese viereckig gehauenen, grünen Jaseleichen L und *k* Fig. 46. Tab. 122. wurden zwischen zwey hölzernen Zwingen C D, *c d*, eingezwängt. Die Balken waren 12 Zoll 6 Linien hoch, und 15 Zoll 3 Linien dick, und zwischen den Krümmungspuncten 37 Schuh lang. Ich lieſs zwey Schraubgeschirre *A B* anbringen, und beyde Balken auseinander treiben, bis die Krümmungshöhe des Balkens L in der Mitte 6 Zoll 10 Linien, und des Balkens *k*, 6 Zoll 6 Linien betrug.

Der *zwölfte Versuch* wurde bey der nämlichen Brücke, mit zwey 13 Zoll starken, 11 Zoll dicken, und zwischen den Klemmungspuncten 50 Schuh langen

Lerchen, angestellt. Sie waren vor 7 Jahren gehauen, folglich vollkommen trocken. Ich liefs in der Mitte ein Schraubgeschirr anbringen, und damit die Balken durch zwey Mann, vermittelst durch die Schrauben gesteckten Hebeln, auseinander treiben. Die Krümmungshöhe des einen Balkens betrug 13 Zoll 9 Linien, und des andern Balkens 14 Zoll.

Ich mochte die Biegung sowohl der vorigen eichenen, als dieser lerchenen Balken nicht bis zum Brechen fortsetzen, weil das Holz noch zum Bau gebraucht werden sollte. Bey den zwey Lerchen fiengen die Fasern an, sich zu trennen; beym Eichenholze aber, welches sehr stark gefroren war, nicht. Dieses letztern Umstandes wegen, durfte die Krümmung der Eichen nicht weiter getrieben werden, weil sie hätten brechen können. Nachdem diese 24 Stunden, und die Lerchen 9 Tage in solcher Spannung belassen, und die Schraubgeschirre zurück gespannt waren, verlor einer von den eichenen Balken seine Krümmung bis auf einen Zoll; der zweyte Balken bis auf 1 Zoll 8 Linien, der eine Lerchene-Balken behielt nur 9 Linien, und der andere 6 Linien an Krümmungshöhe; ein Beweis, dafs das Lerchenholz weit elastischer, als das Eichenholz ist.

§. 71. Alle diese Versuche geben im Allgemeinen folgende bey der Ausführung der Bogenbrücken wichtige Resultate. 1) Das runde unbehauene Holz leistet einen gröfsern Widerstand, und hat mehr Elasticität, als behauenes Holz; defswegen wäre dasselbe bey Lehrgerüsten, die wegen der grofsen Bogenhöhe der Gewölbe, eine grofse Biegung der Hölzer erfodern, wenn man sie aus gekrümmten Hölzern machen wollte, anzuwenden. 2) Ein 16 Zoll starker, 53 $\frac{1}{2}$ Schuh langer fichtener, etwas trockener Balken, kann dergestalt gekrümmt werden, dafs die Bogenhöhe $\frac{1}{17}$ der Länge ausmachen kann. Nach einem auf dem Werkplatze bey Bamberg angestellten Versuche hat sich gezeigt, dafs ein 56′ 7″ langer, und 13 $\frac{1}{4}$ à 12 $\frac{1}{4}$ Zoll starker, vor vier Monathen abgehauener fichtener Balken bis 19″ gekrümmt wurde, so dafs die Bogenhöhe $\frac{1}{37}$ der Länge betrug. 3) Grünes Holz kann weit stärker, als trockenes gebogen werden. Auf dem Werkplatz, wo die Vilshofer-Brücke construirt wurde, ist am 15. July 1809 folgender Versuch mit einem 144 Quadratzoll im Viereck starken, 58 Schuh langen, nicht zu trockenen fichtenen Balken, gemacht worden. Derselbe wurde auf drey Unterlager, wovon das eine in der Mitte lag, von welchem die zwey andern 6 $\frac{1}{2}$ Fufs entfernt waren, gekrümmt. An den beyden Enden des Balkens, waren an jedem 4 Pfähle, als Stützpuncte, eingerammt, und in den vordern zwey Pfählen war ein Riegelholz eingelassen. Dieses wurde über den Balken an der einen Seite beym Anfange der Operation, und an der andern Seite nach geschehener Biegung eingeschoben. Beyde Riegel verhinderten also das Aufspringen der zwey Enden des Balkens. Vermittelst Umdrehung eines vor dem einen Ende des Balkens tiefliegenden Wellbaumes wurde der Balken gekrümmt. Die Ordinate oder Krümmungshöhe betrug 44 Zoll, bevor die Holzfibern zu zerreissen anfiengen. Die Ordinate verhielt sich daher zur

Länge wie 1 : 15 $\frac{8}{10}$. Nachdem der Balken nun dergestalt gespannt war, daſs dessen Stützpuncte nicht nachgeben honnten, und die Unterlager weggenommen waren, wurden des folgenden Tages auf dessen Mitte zwey 96 Centner wiegende Eichen gelegt. Jetzt senkte sich der Balken um 5 Zoll. Dieses Experiment giebt einen Beweis von der groſsen Stärke der Bogenbrücken, bey denen in der Mitte 6 bis 12 Curven die Last tragen. 4) Zwey und drey Hölzer, aufeinander gelegt, können stärker, als ein einzelner Balken, gekrümmt werden; ohne Zweifel, weil die Fibern der Balken nicht nach gleichen Richtungen und Lagen gewachsen sind, mithin die Adhärenz und Elasticität der Fibern des einen Balkens von der des andern unterstützt werden, und weil, indem die Fibern des untern (bey dreyen auch die Fibern des mittlern Balkens) zusammen gepreſst werden, die Cohärenz verstärkt wird, so daſs also drey aufeinander gelegte nicht zu trockene Balken bis zu $\frac{1}{19}$, und zwey aufeinander gekuppelte bis zu $\frac{1}{20}$ der Länge gekrümmt werden konnten. 5) Das grüne Eichenholz kann noch gekrümmt werden, bis die Biegungshöhe $\frac{1}{24}$ der Balkenhöhe beträgt. 6) Das fichtene Floſsholz ist aber zu den Bögen der Brücken, eines Theils, weil das Harz, mithin die dasselbe konservirenden Bestandtheile daraus gezogen sind, und weil es früher, als das aus den Wäldern auf Landwegen gezogene Holz bricht, nicht anzuwenden, wenn man es länger als 10 Tage ins Wasser legt, oder so lange, bis dessen äussere Pores von dem Wasser stark gesättigt sind. 7) Eben so wenig kann sehr ausgetrocknetes Holz, auſser Lerchen und Kiefern, mit Vortheil zu den Curven gebraucht werden.

§. 72. Bis zu welchem Grade mehrere bey wirklich ausgeführten Bogenbrücken gebrauchten Curvenhölzer gekrümmt worden sind, zeigt nachstehende Uebersicht.

Namen einiger Bogenbrücken in Baiern, wobey die Curven so gekrümmt sind.	Länge der gröſsten Bogenhölzer oder Curven. Fuſs.	Stärke. Zoll.	Biegungs-Ordinate. Zoll.	Setzt man diese Ordinate = 1, so ist die Länge der gröſsten Curve
Bamberger - Brücke	55	14 bis 16	13	50,80
Rottbrücke	65	13 — 16	21	37,14
Freysinger -	48	13 — 15	18	32,00
Augsburger -	43	13 — 15	20	25,28
Ettringer -	48	13 — 16	22	26,20
Irsinger -	50	12 — 15	20	30,00
Oettinger -	61	13 — 15	30	24,40
Vilshofer -	40	14 — 16	15	30,00
Altenmarker -	40	10 — 10	15	30,00
Bey einigen andern Brücken aber wie				25,50

§. 73. *Beobachtungen über die Reaction oder Elasticität gekrümmter Hölzer bey aufgehobener äußerer Spannkraft*, sind, wegen der Erforschung von der Natur der Hölzer, merkwürdig, ich will daher einige anführen. 1) Bey der im Jahre 1807 bey *Neuöttingen* über den Inn erbauten Brücke ließ ich bey sehr vielen gekrümmten Hölzern, einige Tage später als sie aus dem Werksatze (Fig. 7. Tab. 117.) genommen waren, ihr Zurückspringen messen. Die Krümmungshöhe, welche zuvor 18 bis 24 Zoll betragen hatte, betrug jetzt 1 ½ bis 6 Zoll; indessen hatten durch die bereits vollzogene Krümmung der Hölzer, die Fibern, ihre ursprüngliche Lage verloren, und es war für zwey Männer ein Leichtes, mit Hebel und Ketten die Curven dieser Brücke auf dem Lehrgerüste Fig. 7. Tab. 109. wieder, nach der Bogenkrümmung, zu biegen.

2) Im Jahre 1809 ließ ich zwey Bogen, den einen aus sieben und den andern aus acht einzelnen Curven, welche drey Lagen übereinander bildeten, jeden in zwey gekerbten Stützsäulen auf dem Werkplatze, nach dem Brande der ersten für die zum zweytenmahl erbaute Bogenbrücke bey Neuöttingen einspannen. Nachdem ich dieselbe losspannte und in ihre Theile zerlegte, änderte sich deren Krümmung dergestalt, wie aus folgender Tabelle zu sehen ist.

	Länge eines Bogentheiles. Schuh.	Stärke an Zollen.	Krümmungs-Ordinate bey der Spannung in Zollen.	Verhältniß der Ordinate = 1 zur Länge des Bogentheiles.	Krümmungs-Ordinate außer der Spannung in Zollen.	Größe der Elasticität in Zollen.
vom ersten Bogen.	45¼		8½	64	4¾	3¾
	52 5/12		13	48	4	9
	59¾		37¼	19	7¼	30
	66¼		25½	31	4¼	21¼
	70¾	12 — 14	20	42	6	14
vom zweyten Bogen.	38⅙		6½	70	3¼	3¼
	52 7/12		9¾	68	2¼	7
	62		43	17	2	41
	66⅚		29	28	8¾	20¼
	70		43	19	—	43

3) Nach andern bey diesem Bau angestellten Beobachtungen entstanden folgende Resultate.

Länge eines Bogentheiles in	Vierkantige Stärke in Zollen.	Gröſste Krümmungsordinate bey der Spannung in	Verhältniſs der gröſsten Ordinate = 1 zur Länge des Bogentheils	Krümmungs-Ordinate auſser der Spannung in	Gröſse der Elasticität in
Schuh.	Zoll.	Zoll.		Zoll.	Zoll.
$43\frac{2}{8}$	14	8	65	6	2
$52\frac{2}{3}$	16	10	63	8	2
$65\frac{1}{6}$	15	18	43	12	6
$52\frac{2}{3}$	14	11	57	6	5
$63\frac{11}{12}$	14	17	45	12	5
$52\frac{2}{3}$	13	15	42	8	7
$62\frac{5}{12}$	15	23	32	12	11
$62\frac{1}{4}$	15	19	39	16	3
$50\frac{1}{4}$	14	16	38	10	9
$64\frac{1}{4}$	15	23	33	12	11

4) *Beobachtungen mit zwey eichenen und zwey lerchenen zur Rosenheimer-Bogenbrücke gebrauchten Balken.*

eichene	37	$12\frac{1}{2}$	$6\frac{5}{6}$	65	1	$5\frac{1}{6}$
	37	$12\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	68	$1\frac{2}{3}$	$4\frac{5}{6}$
lerchene	50	13	$13\frac{3}{4}$	43	$\frac{3}{4}$	13
	50	13	14	43	$\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$

§. 74. Zu den Untersuchungen über die Natur des Bauholzes gehört die Erforschung seiner Preſsbarkeit.

Folgende Resultate über die Zusammenpressung und Ausdehnung der Bogenhölzer, während dem Krümmungs-Manövre, ist daher wichtig.

	Länge der Bogenhölzer in Fuſs.	Die Höhe vor der geschehenen Krümmung in Zoll.	Die Höhe nach der bewirkten Krümmung in Zoll.	Die Breite vor der Krümmung in Zoll.	Die Breite nach der Krümmung in Zoll.	Anmerkungen.
						Alle diese Veränderungen in den Bogenhölzern haben am mittlern Krümmungslager oder in der Mitte ihrer Längen Statt gefunden.
Es war bey der Freysinger-Bogenbrücke						Im obern Balken hatten sich nach der Krümmungsoperation die Fibern um 3 Linien auseinander gedehnt, am mittlern waren die Fibern um 6 Linien mehr zusammen gepreſst, im untern aber um 3 Linien. Bey der Krümmungsoperation hatte sich die obere Breite des Holzes um 3 Linien, und die untere Breite des untern Holzes um 2 Linien ausgedehnt.
des obern Bogenholzes	36	$14\frac{1}{2}$	$14\frac{3}{4}$	$14\frac{1}{6}$	$14\frac{5}{12}$	
des mittlern —	55	$15\frac{1}{2}$	15			
des untern —	42	$14\frac{3}{4}$	14	$13\frac{7}{12}$	$13\frac{3}{4}$	
Beym ersten der vorne beschriebenen Versuche war						Beym ersten Versuch war das untere Holz um 1 Linie niedriger, und das obere um 1/2 Linie breiter geworden.
des untern Holzes .	53	$10\frac{1}{6}$	$10\frac{11}{12}$	10	10	
des obern Holzes .	53	$10\frac{1}{6}$	$10\frac{1}{6}$	10	$10\frac{1}{24}$	
Beym vierten Versuche war						Beym vierten Versuch wurde das mittlere Holz um zwey Linien, und das untere um eine Linie zusammen gepreſst.
des mittlern Holzes	$50\frac{1}{2}$	10	$9\frac{5}{6}$	10	10	
und des untern Holzes	$50\frac{1}{2}$	10	$9\frac{11}{12}$	10	10	
Beym siebenten Versuche war						Beym siebenten Versuch war die Ausdehnung der Breite 3 Linien.
des Holzes	$44\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$	13	$13\frac{1}{4}$	

§. 75. Dieses sind also einige derjenigen Resultate meiner Versuche, welche ich über die Elasticität oder Krümmungsfähigkeit, über das Tragvermögen der gekrümmten Bauhölzer und über ihre Preſsbarkeit angestellt habe. Wenn sie gleich nicht zu allgemein in der Ausübung anwendbaren Regeln, bestimmte Vorschriften geben, die man schwerlich durch Versuche mit einzelnen Balken erhalten wird, so geben sie doch manche nützliche Aufschlüsse, und zeigen uns, daſs wir immer in der Ausübung weit mehr thun müssen, als solche Versuche geben. Daſs ich diese Regel bey den in Baiern von mir angegebenen und ausgeführten Bogenbrücken befolgt habe, will ich jetzt näher in den Beschreibungen dieser Bauwerke zeigen.

Beschreibung der bey der stadt Neuöttingen in Baiern, über den Inn, im Jahre 1807 und 1809, erbauten Bogenbrücke. Tab. 109. und 117.

§. 76. Der *Innfluſs* gehört zu den gröſsten und reissendsten Flüssen Baierns. Dessen Eisgänge sind den Brücken sehr gefährlich; besonders besteht bey Neuöttingen das Fluſsbett aus einem sehr groben Kies- und aus äuſserst festen Thonboden-Platten, die sich zu Tuf ansetzen, daher das tiefe Einrammen der Jochpfähle erschweren; bey leichten Rammklötzen aber ganz unmöglich machen. Einige dieser Platten werden vom Eisgange fortgerissen, wo dann tiefer wieder ein Kies- und Sandlager liegt. Ein solcher so beschaffener Grund ist, für die Fundationen der Bauwerke, äuſserst gefährlich, weil einzelne Vertiefungen entstehen. Hiezu kömmt noch: daſs hier die Hochgewässer des Inns über den niedrigsten Wasserstand 15′ 4″ steigen. Kein Wunder daher, wenn die Pfahlbrücken, dem heftigen Strom und den Eisgängen nur wenige Jahre Widerstand geleistet hatten. Man hatte den Brückenstand mehrmals verändert, ja, im vorigen Jahrhundert, die Brücken eine halbe Stunde stromaufwärts erbaut; diese Richtung aber verlassen, nachdem mehrere Jochbrücken zerstört worden waren. Es ward daher in der neuesten Zeit denselben eine andere aber nicht minder nachtheilige Richtung gegeben, indem diese diagonal auf den Strom gewählt wurde. Anfänglich hatte die Brücke 21 Joche; im Jahre 1805 dreyzehn, und zwey hölzerne Landjoche, welche alle fünf Jahre erneuert wurden, wovon jedes über 800 Gulden kostete und aus 17 bis 19 Jochpfählen bestand. Die von den *Oesterreichern* (1805) zerstörte Jochbrücke wurde gleich nach dem Vordringen der französischen Armee, anfangs 1806, mit einem Kostenaufwand von 5400 fl. wieder hergestellt. Vergebliche Bemühungen! denn sechs Joche zerstörte der Strom nach kurzer Zeit, und er riſs endlich den 19. July fast die ganze Brücke fort.

Da diese Passage zu den frequentesten im Königreich gehört, wegen den Zerstörungen der Brücke aber alle Jahre mehrere Monat über unterbrochen war, die sich so oft erneuernden Brückenbauten dem Staat groſse Summen kosteten: so war es Pflicht für mich, hier eine solche Bauconstruction anzuwenden, welche allen Bedingungen entspricht; zu Ende Januars 1807 entwarf ich also die Zeichnung zu der Bogenbrücke bey Neuöttingen.

§. 77. Die hydrometrischen Untersuchungen des Inns gaben mir die Ueberzeugung: daſs fünf Bogen, jeder von 107 Schuh Weite, ein hinreichendes Profil für die Hochgewässer darbieten, wo alsdann die Entfernung von der Mitte des einen Joches bis zur Mitte des andern 110′ beträgt. Da viele Brücken aus ziemlich weiten Jochfeldern bestehen, und da gekrümmte Hölzer wenigstens eine sieben bis zehnfache Last als gerade Hölzer, nach einigen über die Tragkraft der Curven angestellten Versuchen, zu tragen fähig sind, so schloſs ich: daſs jede Oeffnung aus zwey Bogenrippen bestehen könne. Also lieſs ich jeden der fünf Bögen aus zwey Rippen construiren, jede Rippe aber aus drey Curven übereinander zusammensetzen. Die Höhe

eines Bogens, von seiner Sehne an, setzte ich zu 7′ 6″ fest. Der Anfang der Bögen (F. 2. T. 117.) wurde, der Schifffahrt wegen, 16′ über den niedrigsten Wasserstand, bestimmt; denn die Stützsäulen *o*, *o*, stehen auf 15′, so daſs die höchsten Gewässer, welche gegenwärtig, nach Erbauung der Brücke, nicht höher als 14′ über den niedrigsten Wasserstand reichen, 2′ unter den Anfängen der Bögen stehn. Es bleiben daher unter der Mitte des Bogens 9′ 6″ wasserfrey. Beym *höchsten* Wasser können also die Fluſsschiffe unter der Brücke durchgehen. Die Widerlager (Fig. 3.) haben, um alle Unterspühlung unmöglich zu machen, eine Länge von 60 Fuſs; zwey Flügel von 23′ und sind vorne mit einem mit Steinen bedeckten Faschinenbau (F. 2.) umgeben. Jedes Widerlager ruht, um demselben einen unveränderlichen Stand zu geben, auf 68 aus Lerchen oder Kiefern bestehenden Grundpfählen, die 18′ bis 20′ tief mit einem 1175 Pfund schweren Rammklotz, bis zum Stehen, in den Grund eingerammt sind. In dem linkseitigen Widerlager *H* Fig. 2. sind diese 12 Zoll starken Grundpfähle durch den Faschinenbau, 13′ tief, eingetrieben worden; dieselben stehen auf 3 ½ Schuh Abstand. Unter dem Roste ist ein Steinwurf von Bruchstein, Kies und lebendigem Kalch geworfen, und die Rostfelder (Fig. 3.) sind sorgfältig mit Tufstein und Cementmörtel ausgemauert. Auf dieses Mauerwerk sind, in der Ebene der 10″ starken eichenen Rostschwellen, 4″ starke Deckplanken gelegt worden, worauf das Gemäuer der Widerlager aufgeführt ist. Wegen dem im Sommer 1807 anhaltend hohen Wasserstande, konnte der Schwellrost nicht tiefer als 2′ über den niedrigsten Wasserstand gesenkt werden; da derselbe aber vom Faschinenbau umgeben ist, so ist er weder der Luft noch der Sonne, folglich auch nicht der Fäulniſs, ausgesetzt. Zu den Widerlagern habe ich, wegen Ersparniſs groſser Summen, die Tufsteine von einem bey Mühldorf gestandenen Thurm nehmen lassen, die der Domainen-Casse (vom Brückenbau) bezahlt werden muſsten. Das Gemäuer ist bis 6′ über den niedrigsten Wasserstand mit einem guten Cement aufgemauert, und die Steinlagen so gelegt, wie es die Profile F. 5. 6. T. 109. und der Grundriſs F. 3. T. 117. zeigen.

§. 78. Der sichere Stand von den fünf Bögen ist bewirkt 1) von den beschriebenen Widerlagern, 2) dadurch, daſs in diese Widerlager die Seitenrippen an eine Balken-Stützwand *c* (F. 2. T. 117.) oder *E* (F. 6. T. 109.) anstemmend, 11 Fuſs in die Widerlager hinein gehen, damit ihre Seitenausbiegung verhindert, und die Stabilität des ganzen Brückenkörpers vermehrt werde. Die Einschlieſsung der zwo Rippen in die Widerlager ward dadurch noch zweckmäſsiger und vollkommner gemacht *a)* daſs man zwischen einem jeden Bogen und der Stützwand, eichene Keile 20 (F. 2. T. 117.) eintrieb; *b)* daſs hinter dieser Stützwand die Pfahlreihe *c* nicht nur 10′ in den festen Grund eingerammt, und in das Widerlager selbst eingerammt wurde, sondern daſs auch, vermittelst dreyer Stützstreben *D*, welche von einer Schwelle *E* ausgehen, und von dem Spannriegel *D* in die Höhe zu springen verhindert sind, lothrecht gehalten werden. Der sichere Stand der Bögen gegen das Widerlager wurde ferner dadurch

bewirkt: dafs die untere Curve *N* einer jeden Rippe, mittelst eines Zahnschnittes, in die Stützschwelle *w* eingelassen ist, und dafs man eine ¾ Zoll starke eiserne Schraube, sowohl durch diese Schwelle als durch die Curven *s t u*, ferner durch die darüber liegenden vier Bundhölzer, wovon das untere in die obere Curve eingelassen ist, und endlich durch den Schlufsbalken *c* hindurch gehen liefs. Auf diese Weise kann die Stützschwelle *w*, mithin die Bogenrippe selbst, nicht verschoben werden. Bey diesen Widerlag-Kammern oder dem Raum, worin die beschriebene Holzverbindung in die Widerlager eingelassen ist, und wovon F. 6. T. 109. den Durchschnitt darstellt, beabsichtigte ich eines Theils eine Ersparung des Mauerwerks, und andern Theils wollte ich es dadurch möglich machen, zu den Bögen selbst kommen zu können, damit man gegen die Fäulnifs des Holzes jederzeit die erforderlichen Maafsregeln treffen könne.

Durch diese Einschliefsung der zwey Endebögen in die Widerlager und die Befestigung der übrigen Anfänge aller Bögen mit den Jochen wurde der ganze Brückenkörper in der lothrechte Ebene gehalten. Diese Vorkehrung ist, bey Bauwerken der Art, durchaus nothwendig, weil sie mit ihren verschaalten Bögen dem Winde eine grofse Stofsfläshe darbieten. Da man sie bey den Hängewerken in der Schweitz unterlassen hat, so sieht man, dafs dieselben fast alle von der Vertical-Ebene abgewichen sind. Wie diese Vereinigung der Bögen, und wie die Joche gemacht waren, diefs wollen wir jetzt näher betrachten. 1) Es bestand jedes Joch (F. 2 u. 4. T. 109.) aus sieben lothrecht und zwey schräg-stehenden kiefernen Stützpfählen, welche oben 18″ stark waren, einen Pfahlstand von 9 bis 23′ hatten, und mit einem Faschinenbau umgeben wurden. Dieser letztere ist (F. 3. T. 117.) bis 3′ über den niedrigsten Wasserstand, regelmäfsig mit grofsen Nagelfluesteinen dergestalt belegt worden, so dafs der Strom vortheilhaft gespalten wurde. Gegen den heftigen Eisgang des Inns ward der obere Schrägpfahl des Joches (F. 4. T. 109.) mit einer Eisschiene *P* armirt, und die vier Eisschienen der vier Joche wiegen 14 Centner 46 Pfund. 2) Um den sich an jedes Joch anlehnenden Bogenrippen unverrückbare Stützpuncte zu geben, wurden in drey Jochpfählen drey eiserne *Tragringe p p p* F. 4. einen Zoll tief eingelassen. Ein solcher nach einem grofsen Maafsstabe in F. 11. T. 117. dargestellter Tragring besteht aus zwey Halbringen und zwey geradlinigten Blättern oder Fortsetzen *a b*, wodurch (an jeder Seite) eine 10 Zoll lange und einen Zoll dicke eiserne Schraube *c d* geht. Mit diesen zwo Schrauben werden die beyden Halbringe an den Einschnitt des Pfahles *A* bey *p* zusammen geprefst. Ein solcher Ring ist 3″ hoch, 1″ dick, 16″ im Lichten weit; er wiegt 63 Pfund, und kostet 18 fl. Diese drey Ringe *p p p* (F. 4. T. 109.) dienen also den aus zwey Balken bestehenden Traggurten oder Tragschwellen *o o* als Unterlager. Damit aber diese letztern mit dem Jochkörper noch fester verbunden werden, so sind durch diese liegenden zwey Schwellen drey starke Schrauben 1. 2. 3. gezogen worden, so dafs also beyde Schwellen die

Jochpfähle einklemmen, folglich diese nur einen Körper bilden. So ist also für ein sicheres Unterlager der Bogenrippen gesorgt worden. Ich hatte jetzt noch ihre sichern Stützpuncte zu bestimmen: diese bestehen, aus den *Stützsäulen* 7. 8. Fig. 4. Tab. 117.; die ich defswegen so nenne, weil sich daran die Bogenrippe anlehnt. Wie ich dieselben aus drey Stücken (Fig. 7. 8. 9. Tab. 110.) habe machen lassen, werde ich bey der Lechbrücke zeigen. Damit die an einem Joche gegenüberstehenden Stützsäulen stets im senkrechten Stande bleiben, ist durch einen Jochpfahl eine 2'' starke Schraube 16. F. 2. T. 117. und unterhalb die Schraube 17, gezogen worden. Nachdem die Rippen an diese Stützsäulen angesetzt waren, als nämlich die Brücke noch auf ihrer Flufsrüstung Fig. 7. Tab. 109. stand, wurden zwischen jeder Rippe und einer Stützsäule eichene Keile *p* ϱ eingetrieben.

§. 79. Wenn man den Umstand erwägt: dafs die über die Brücke im Trott gefahrenen Lastwägen, die Bögen nothwendig erschüttern müssen, weil dieselben aus elastischen Körpern bestehen, in denen sich die Schwingungen in einem Augenblicke fortsetzen, so wird die Maafsregel nothwendig: den Hauptstütz-Körpern (den Jochen) eine solche Masse zu geben, dafs ihre einzelnen Theile die aus den Schwingungen der Bögen hervorgegangenen Stöfse auffangen, ohne selbst in Oscillation zu gerathen. Diefs suchte ich dadurch auszuführen, dafs die Jochpfähle, nachdem sie mit der *Deck-* oder *Kronschwelle J* Fig. 2. Tab. 117. und *R* Fig. 4. Tab. 109., oberhalb durch Zapfen *v*, zusammenverbunden, dann aber mit starken Planken *F* Fig. 2. bis zum niedrigsten Wasserstande hinab (zu beyden Seiten) verschaalt oder beschlagen waren, alle von den Jochpfählen gelassenen Zwischenräume, mit Kiesel, Ziegelschutt und Mörtel gefüllt wurden, und zwar von unten nach oben zu, so dafs man, nachdem die Füllung unterhalb geschehen war, mit Aufnagelung der Planken fortfuhr. Die Einbringung dieses Füllmaterials geschah von einem Nachen *c* aus, oberhalb aber, mittels eines heraufgezogenen Kübels *a*. Auf diese Weise ward den Jochen eine, den gemauerten Brückenpfeilern ähnliche, Stabilität gegeben.

§. 80. Wir kommen jetzt, der Ordnung nach, auf die Verbindung der einzelnen Curven einer Bogenrippe unter sich und auf die Art, wie ihre Krümmung bewirkt wurde, wobey ich gleich anfänglich zu bemerken für nothwendig finde, dafs man das Krümmungs-Manöver dieser Balken auf mehr als eine Weise, d. i., mit Hebel, Schrauben oder Winden bewirken, und dafs man dasselbe, entweder auf dem festen Lande über Gerüste, oder gleich über eine im Flufs gemachte Rüstung verrichten könne. Die erste Methode besteht in der Anlage eines aus Rundhölzern bestehenden auf einer Ebene gelegten Stuhlgerüstes S. Fig. 7. T. 117. oder F. 2. T. 111. und die ganze Verfahrungsart über Rüstungen: die Haupttheile des Baukörpers zu bilden, heifst man *abbinden*; die Vorrichtung derselben aber einen *Werksatz*. Dieses Manöver steht indessen der Zubereitung der Bögen auf der Flufsrüstung F. 1. T. 122. weit nach, weil letztere weniger Zeit und Kostenaufwand erfordert. Ersteres wurde

von mir nur bey den ersten Bogenbrücken, als die Werkleute mit der Construction noch nicht vollkommen bekannt waren, gewählt; bleibt aber immer daselbst nothwendig, wo in der Nähe kein Werkplatz, zur Niederlegung der Bauhölzer, vorhanden ist, oder bey einem Fluſs, der öfters hoch anschwellt; bey dem also nicht mit Sicherheit, drey bis vier Monate über, an den Bögen gearbeitet werden kann. Doch ich komme auf die Zusammensetzung der Rippen dieser Brücke; dabey besteht jede aus zwey bis drey den Bogen nach, mittelst Schiftungen (Fig. 4. und 5. Tab. 117.) zusammenstossenden Curvenstücken, und aus dreyen übereinander gelegten Curven. Diese zur halben Holzstärke eingeschnittene Schiftungen bilden die Anstoſsflächen zwey zusammenstoſsender Curven. Wiewohl einige von den Curven bey dieser Brücke ineinander verzahnt sind, so ist dies nicht immer nöthig, sondern man legt die untere Fläche einer obern Curve auf die obere Fläche einer untern und die in F. 4. T. 117. dargestellten Verzahnungen, wurden nur deſswegen gewählt, weil die Balken schwach und in einer Curvenlage nicht gleich dick waren. Diese aus Fichtenholz bestehenden Curven sind 13 bis 15 Zoll hoch, und 12 bis 13 Zoll dick. Ihre Länge beträgt 45 bis 65′, und ihre gröſste Krümmungshöhe verhält sich zu dieser Länge wie 1 : 35 bis 1 : 24. Die einzelnen Curven sind auf 6 Schuh 6 Zoll bis 11 Schuh Entfernung mit eisernen Schrauben 1. 2. Fig. 2. zusammengezogen. Diese Schrauben, die ich *Verbindungs-Schrauben* nenne, sind in Fig. 8. 9. 10. im Groſsen gezeichnet. Sie haben eine Länge von 4 Fuſs bis 13 Fuſs 8 Zoll, und eine Dicke von $\frac{6}{4}$ bis $\frac{7}{4}$ Zoll. Jede Schraube wiegt 22 bis 79 Pfund, und ihre Schraubenwindungen messen $9\frac{1}{2}$ Zoll; ihre Schraubenmutter, worunter eine 4 Zoll im Quadrat groſse und 18 Linien hohe Scheibe liegt, ist 23 Linien hoch und 3 Zoll 8 Linien breit. Indem einige dieser Schrauben Fig. 10. durch alle Verbindungsschwellen, Curven, Bundhölzer und den Schluſsbalken gehen, zugleich auch mit ihrem obern Theil den Kern der Geländersäulen bilden: so wurde daran oberhalb x ein Knauf, von $2\frac{1}{2}$ Zoll Stärke, angeschmiedet, welcher auf den Schluſsbalken zu liegen kam. Unter der Rippe wurde die Scheibe und dann die Schraubenmutter angebracht, und diese mit einem eisernen Schraubenschlüssel Fig. 12. Tab. 115. angezogen. Einige lange Schrauben Fig. 9. Tab. 117. erhielten oberhalb dem Schluſsbalken die Form einer Lanze und auf diese Spitze wurde eine Geländersäule gesteckt, nachdem der Raum dafür (in die Säule) ausgebrannt worden war, weſswegen diese Spitze selbst glühend gemacht wurde.

Damit die einzelnen Curven in dem von den Schrauben gelassenen Zwischenraume sich nicht ungleichförmig auseinander ziehen, folglich verschieben, wurden hie und da zwey übereinander liegende, einige Zoll tief, auf 9 — 12 Zoll Länge, ausgeschnitten. In diesem so entstandenen Zwischenraum wurde ein eichener Keil *m* Fig. 3. Tab. 117. eingetrieben; den ich den *Schluſskeil* nenne. Auf diese Weise wurden die einzelnen Curven einer Rippe verbunden.

Die gegenüberstehenden zwey Bogen-Rippen eines jeden Bogens brachte ich auf folgende Art in Verbindung: 1) Sind in jedem Bogen 5 Schwellen, nämlich eine unter der Mitte des Bogens bey 4 F. 2. T. 117. angebracht, und die übrigen viere stofsen im Innern gegen eine jede Rippe, wie dies auf dem Profil sur la ligne 1. 2. Tab. 117. angedeutet ist, worauf wir das eiserne Band *B* sehen, welches die Schwelle trägt, indem sie darauf mit einer Schraube befestiget ist. Dieses Band ist auch mittelst zwey durch die Rippe gehenden Schrauben, an diese Rippe selbst, befestigt. Es geht daher bey dieser Brücke nur die mittlere Schraube durch die mittlere Verbindungsschwelle. Wie die fünf Verbindungsschwellen in jedem Bogen auf gleiche Abstände vertheilt sind, zeigt Fig. 3. Tab. 117. deutlich.

§. 79. Da die zwey Rippen eines Bogens nothwendig in dem Maafse an Steifigkeit und Tragkraft gewinnen müssen, als man dieselben mit mehrern andern Holzverbindungen auseinander spannt, daher so ihre Oscillation verhindert wird: so müssen zwischen denselben Kreutzstreben und Windruthen angebracht werden, jedoch ohne in diese Curven Einschnitte zu machen. Ich liefs daher zu den Stützpuncten dieser Streben und Windruthen, die *Klötze D* (S. Profil sur la ligne 3. 4; 4. 4 und 1. 2. Tab. 117.) die ich *Spann - oder Stützklötze* nenne, daselbst anbringen, wo die Kreutzverbindungen, die Curven berühren, dann wurden in den mittlern Schwellenfeldern *v v* Windruthen (S. die angezeigten Profile) und die Kreutzstreben *d* Fig. 3., an welchen bey 14. 14 Hängeklötze angebracht sind, eingespannt. Diese Klötze sind zugleich an die obern, auf den Rippen liegenden Bauhölzer angenagelt, um die Strebe, in der Mitte, nicht abwärts senken zu lassen, sondern ihre Spannkraft zu vermehren. Endlich sind in jedem Schwellenfelde noch Windruthen *L M* (F. 3. T. 117. und Fig. 5. Tab. 109.) angebracht. Dieselben verhindern vorzüglich auch die Ausweichung der Rippen von der Verticalebene, folglich dienen sie als Mittel gegen die Wirkung des Windes.

Zur Unterstützung des *Schlufsbalkens* wurde von *F* nach *C* eine Stützstrebe angebracht und zur Verstärkung der Schenkel von den zwey Bogen-Rippen eines Bogens, steht, unter jeder Rippe, eine gebogene Stützstrebe, wie dies in der perspectivischen Zeichnung des Werksatzes Fig. 7. und in Fig. 2. (Tab. 117.) zu ersehen ist.

Im May 1807 war die Errichtung des auf Tab. 117. dargestellten *Werksatzes* angefangen, welche Ende August vollendet wurde. Dessen Unterlagen bestehen bey einem jeden Bogen aus zwey *Hauptsthuhlgerüsten E* und 12, einer Gerüststütze *H*, und aus vier, sechs bis acht Fufs tief eingerammten Pfählen *A*, welche eine Zwinge (*Pfahlzwinge*) formiren. Nachdem die Unterlagpuncte und der Anfang der Bögen, nach der Werkzeichnung, abgesteckt waren, so wurden die mittlern Verbindungsschwellen *S* Fig. IV., in jedem Bogen, und die beyden Seitenunterlagpuncte, der Bogenlinie gemäfs, gelegt, und die Curven darüber dergestalt mit Hebel heruntergebogen, dafs sie in die Kerben 10. der Stützsäulen 8. eingelassen werden konnten,

während man um das Hauptstuhlgerüst und die Curven starke Ketten geschlungen und mit Keilen dergestalt festgetrieben hatte, daſs dieselben sich über das zweyte Unterlager hinaus nicht aus ihrer Lage verrücken konnten. Die Rippen erhielten auf diese Weise, indem das erste Sthuhlgerüst nicht wich, vermittelst an ihrem Anfang angebrachter Hebel, die Bogenlinie. Damit nun jede Rippe an ihrem Anfange nicht die Spannung verlor, und die Stützsäulen aufgehoben wurden, so waren zwey Pfähle *n*, wodurch zwey Queerhölzer gesteckt wurden (s. vue perspective Tab. 117. bey *A*) in den Grund eingerammt und zwischen dem obern Queerholz, wurden Keile eingetrieben. Auf diese Weise entstand eine *Pfahlzwinge*. Damit diese Pfähle mittelst der Spannung der Curven nicht aus den Erdboden herausgezogen werden konnten, trieb man an ihren Seiten kürzere Pfähle, schräg gegen dieselbe an, in den Boden ein.

So ward der innere und äuſsere Bogenrücken einer jeden Rippe gekrümmt und in dieser Bogenform erhalten. Die Krümmung der Mitte von den Curven hingegen, wurde dadurch bewerkstelligt, daſs man um diese und die Stuhlgerüste, in der Nähe der Schluſsschwellen, Ketten schlang, und diese, vermittelst Hebel und Keile, anzog. Jetzt wurden an mehrern Stellen, in je zwey Curven, Klammern eingeschlagen, um die darum geschlungenen Ketten wegnehmen zu können, damit die obere Schwelle und der *Schluſsbalken* gelegt werden konnten. Dieses bewerkstelligt, brachte man die aus zwey Theilen bestehenden *Hangende-Zwingen D*, an, und trieb, mittelst Ketten, die Rippe und den Schluſsbalken, stark zusammen. Jetzt setzte man die *Kreutzstreben C* und *L*, so wie die *Windruthen L M* und die Schluſskeile 18, ein. Auf diese Weise, war der Werksatz Ende August, vollendet. Während an demselben gearbeitet wurde, rammte man die Grundpfähle der Widerlager ein, legte darauf den Schwellrost und führte das Mauerwerk der Widerlagkammer, bis 2′ über die Sohle der Widerlager auf; welche Arbeiten bis zur Mitte October dauerten. Im Monat September und bis zum 10. October wurde auch die Gerüstbrücke *a. b. c.* Fig. 7. Tab. 109. geschlagen, weil der hohe Wasserstand den Anfang dieser Arbeit so lange zurücksetzte. Zu diesem Behuf ward ein groſses Fluſsschiff (*Jochzille*) Tab. 122. Fig. 39., 40. u. 41., mittelst Taue an Pfähle befestiget, die in das Fluſsbett eingerammt waren, von welches ab man die Rüstpfähle schlug. Unter diesen wurden die zunächst an den Jochen der Brücke stehenden aus langen Pfählen gemacht, damit darauf das Gerüst zum Einrammen der Brückenjochpfähle gelegt werden konnte, und welche nachher erst so tief abgeschnitten wurden, daſs die darauf gelegten Gerüsthölzer *b b* Fig. 7. Tab. 109. die Unterlagpuncte des Anfangs der Bögen und der mittlern Verbindungs-Schwelle bildeten. Die vier Brückenjoche wurden im Monat October mit einem 12 Centner schweren Rammklotze bis zum Stehn eingerammt. Ihre Umgebung mit einem Faschinenbau wurde im October und November bewerkstelliget. Queer über die, zunächst den Brückenjochen eingeschlagenen, Gerüstjoche

gelegten Hölzer 3. F. I. T. 109., wurden Seile 2. 4. 5. geschlungen, zwischen welche man Stangen 9. 10. legte. Auf diese Stangen warf man die Faschinen, befestigte dieselben mit Wippen, bedeckte die erste Lage mit Kies, legte dann eine zweyte Lage, und fuhr so weiter fort, indem die Seile nachgelassen wurden, bis dieser Faschinenbau, oder das Sinkstück, s. I. B. S. 262, den Boden des Flusses erreicht hatte. Alsdann ward der über die Oberfläche des Wassers hervorstehende Theil, nach Art des Faschinenbaues, aufgeführt, mit Kiesel und großen Nagelfluesteinen 7. 8. F. 4. T. 109. regelmäßig gepflastert. In diesen Steinen wurden Vertiefungen eingehauen, worin man Kieselsteine, anstatt Klammern, eintrieb, wie dies Fig. 3. Tab. 117. zeigt.

§. 80. Nach Vollendung dieser Arbeit schnitt man die den Brückenjochen zunächst stehenden 6 bis 7 Fuß tief eingerammten Gerüstjoche so ab, daß sie mit Hülfe einiger Gerüstklötze, die Unterlager der Brückenbogen formirten, wie dies T. 109. F. 7. dargestellt ist. Bey der Bestimmung des Abschneides dieser Gerüstjoche mußte genau nach der Form der Bögen, die sie auf dem Werksatze erhielten, gesehen werden, damit nämlich die Unterlagpuncte eben dieselbe Lage bekamen, als die Unterlagpuncte der Bögen im Werksatz gehabt hatten. Ehe diese Vorkehrung getroffen wurde, waren bereits drey eiserne Tragringe *p p p* F. 4. T. 109. in die drey Jochpfähle eingelassen, und darauf zwey Traggurte gelegt, welche mittelst dreyer Schrauben zusammengezogen wurden, wie dies oben gezeigt ist. Auf diese Traggurte errichtete man die Kerbstöcke *d f* F. 9. Tab. 110. Jetzt wurde die Schluß-Schwelle, die Curven und der Schlußbalken gelegt, wie dies in F. 7. T. 109. dargestellt ist. Die ersten wurden mittelst Ketten umschlungen, und mit dadurch geschlagenen Keilen zusammengetrieben. Alle diese Arbeiten, das ist, die Aufrichtung der Bögen mit Einschluß der Schlußbalken, bewerkstelligte man vom 4ten bis zum 26ten November 1807.

§. 81. Ich muß hier eines practischen Umstandes erwähnen, welcher sehr lehrreich ist. Bey großen Wassertiefen, worin das rechtseitige Joch geschlagen werden mußte, ist es äußerst schwierig, selbst bey der Anbringung von zwey Schwelllehren die Jochpfähle nach einem verticalen Stande einzurammen, und diese Pfahlreihe war bey der Traggurte um drey Zoll übergewichen. Es wurde daher an des Joches linken Seite ein Gurt befestiget, um deren Mitte ein Zugseil (Windtau) geschlungen, welches vermittelst einer auf das rechtseitige Ufer gestellten Erdwinde von zwölf Mann dergestalt angezogen wurde, daß das Joch seine verticale Stellung erhielt.

§. 82. Nachdem die Bögen aufgerichtet waren, wurden die Schrauben, die Zugstreben, Kreutzstreben und Windruthen, eingezogen, und am 17. December ließ ich anfangen, das Gerüst wegzunehmen. So stand nun die Brücke am 20. December 1807 gänzlich frey. Zuvor ließ ich zwischen den Stützsäulen und den Jochen, so wie zwischen den Enden der Bögen und der hinter der Widerlagkammer stehenden Stützwand auf Feuer gedorrte eichene Keile eintreiben, um den Bögen ihre voll-

kommene Spannung zu geben. Bey dem Abrüsten wurden zuerst die zwischen den Stützhölzern und Bögen eingetriebenen Keile losgeschlagen; dann nahm man die Queerhölzer und endlich die langen Gerüsthölzer *b* Fig. 7. Tab. 109. fort, indem man darum Seile schlang, und sie ins Wasser stürzte; um sie ans Ufer zu ziehen. Diese Hölzer wurden nachher zu den Strafsenträgern der Brücke verwendet. Ich liefs gleich nach der Abrüstung das Senken der Bögen genau messen; das Resultat davon war folgendes. Die rechtseitigen zwey Seitenbögen setzten sich 9‴; die zweyten eben so viel; die dritten 4‴, die vierten 4‴ und die fünften 6 Linien.

Wegen der Schifffahrt hätten alle Gerüstpfähle 4′ tief, unter dem niedrigsten Wasserstande abgeschnitten werden müssen, welches viel Geld und Zeit erfordert haben würde. Ich liefs daher um den obern Theil der Jochpfähle ein Zoll dickes Seil schlingen, und dasselbe vom Lande aus, von 46 Mann, ruckweise anziehen, und jeden Pfahl, oberhalb dem Flufsbette, absprengen. Während diese Mannschaft sich vorwärts bückte, würde aber das Seil seine Spannkraft verlohren haben; es ward daher um Pfähle und Bäume geschlungen, und dessen Ende von zehn Mann angezogen. In 23 bis 24 Rucken oder Anziehungen brach allemal der Pfahl genau oberhalb dem Flufsbett ab; welches, wegen der Schifffahrt, ein grofser Vortheil ist. Zu jedem Ruck brauchte man 4 bis 5 Secunden. Das Seil zerrifs während dieser Operation 2mal. Hätte man aber ein $1\frac{1}{2}$ Zoll starkes Seil gehabt, so würde es nicht zerrissen seyn.

§. 83. Wiewohl ich das Nachziehen der Schrauben, je nachdem das Holz schwand, vorgeschrieben hatte, so war doch diese Vorschrift nicht genau befolgt, und als mir das neue geringfügige Setzen der Bögen im November 1808 angezeigt wurde, liefs ich die Schrauben anziehen, und die Zwischenräume zwischen den Schiftungen und den Curven, so wie zwischen den Hauptspannkeilen gehörig auskeilen. Die Bögen hatten vollkommen ihre ursprüngliche Bogenlinie, und das geringfügige Setzen derselben, welches bey jeder Brücke wegen dem Schwinden des Holzes, bey der Unterlassung des Anziehens der Schrauben, erfolgt, war folgendes. Der erste rechtseitige Bogen hatte sich um keine Linie gesetzt; der zweyte in der Mitte $3\frac{1}{2}$ Zoll, der dritte 3″, der vierte 2″ und der fünfte nur $1\frac{1}{2}$ Zoll. Nachdem dieses Anziehen der Schrauben geschehen war, haben sich alle 5 Bögen nicht mehr weiter gesetzt. Ich habe dieses als einen Erfahrungssatz anführen wollen, damit diejenigen, welche solche Bogenbrücken erbauen, bey dem Setzen der Bögen nicht von eben solchen nichtswürdigen und elenden Menschen angegriffen oder verläumdet werden, als diejenigen sind, welche die Bogenbrücken in Baiern mit ihrem Geifer besudelt haben.

Da man über das Einrammen grofser Pfähle nicht zu viele Beobachtungen sammeln kann, so werden folgende Resultate des Einrammens der Jochpfähle, bey dieser 1807 erbauten Neuöttinger Brücke, willkommen seyn, und ich bemerke, dafs der metallene Rammklotz 1222 Pfund wog; die Pfähle hatten (3 Schuh vom Stammende, 17 bis 19 Zoll Dicke.

Resultate

des Einrammens der Jochpfähle bey der Neuöttinger-Innbrücke. (T. 109. u. 117.)

Pfähle des rechtseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde: Min.	Sek.	Anzahl der Schläge	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes: Zoll	Der Pfahl steht in dem festen Grunde: Sch.	Zoll	Lin.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Lin.
V	69	69	43	2075	73	9	4	1	0
IV	80	81	22	2400	64	9	9	7	1
III	66	65	40	1975	64	8	3	9	0
II	92	90	40	2760	67	9	7	10	1
I	68	67	59	2040	69	11	5	6	0
VI	68	50	45	2040	75	10	10	1	0
VII	80	79	48	2400	74	10	4	9	1
VIII	70	70	9	2100	67	9	9	1	1
IX	71	71	5	2130	74	8	10	4	0

Pfähle des zweyten Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde: Min.	Sek.	Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes: Zoll	Der Pfahl steht in dem festan Grunde: Sch.	Zoll	Lin.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Lin.
V	76	80	23	2280	74	9	5	—	0
IV	72	71	20	2160	78	8	11	1	0
III	55	56	9	1650	76	9	6	1	0
II	60	61	—	1800	74	9	7	3	0
I	76	79	9	2280	74	9	2	3	0
VI	65	66	13	1950	75	10	5	1	0
VII	58	51	2	1740	71	10	8	6	0
VIII	49	49	25	1470	77	9	10	1	0
IX	69	69	58	2070	75	9	7	0	0

Pfähle des dritten Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde: Min.	Sek.	Anzahl der Schläge	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes: Zoll	Der Pfahl steht in dem festen Grunde: Sch.	Zoll	Lin.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Lin.
V	95	96	41	2850	71	11	3	1	0
IV	80	82	41	2400	74	10	5	—	0
III	70	71	9	2100	73	9	11	3	0
II	98	99	27	2940	72	11	6	9	0
I	78	135	49	3128	76	10	9	2	0
VI	70	88	32	2750	75	10	1	9	0
VII	68	69	6	2040	76	11	10	4	0
VIII	55	56	30	1650	74	12	6	9	0
IX	60	99	—	2810	75	12	4	6	0

Pfähle des linkseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde: Min.	Sek.	Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes: Zoll	Der Pfahl steht in dem festan Grunde: Sch.	Zoll	Lin.	Der Pfahl rückte in der letzten Hitze: Lin.
V	44	47	22	1410	71	21	9	11	0
VI	56	65	1	1950	84	22	2	1	3
VII	60	67	46	2000	73	24	2	7	0
VIII	68	88	49	2690	72	21	—	10	0
IX	62	63	—	1850	73	22	4	1	0
IV	60	70	29	2010	72	21	7	5	0
III	63	80	16	2190	75	22	1	7	0
II	88	119	27	3430	80	22	11	10	0
I	60	79	—	2390	71	23	9	9	0

Bey diesen Rammarbeiten wurden, mit Inbegriff der Stellung von der obersten Rüstung und der Pfähle, so wie der Ramm-Maschine, 340 Arbeits-Stunden zugebracht; folglich bey jedem Pfahl 6 Stunden, 2 Minuten, 21 Secunden. Zum eigentlichen Rammen wurden 39 Stunden, 57 Minuten und 5 Secunden verwendet; mithin auf das Einrammen eines Pfahls eine Stunde, 6 Minuten, 32 Secunden. Die mittlere Fallhöhe des Rammklotzes betrug 72 Zoll; die Anzahl der Arbeiter 50; die der Hitzen 2479, und die Anzahl der Schläge 79908; mithin erhielt jeder Pfahl 2219 Schläge. Die sämmtlichen Arbeiten bey einem Pfahl kosteten 29 fl. 35½ kr., und die Hitze 24½ kr.

§. 84. Der *österreichische Krieg* von 1809, wurde, unglücklicher Weise, die Veranlassung zur *Abbrennung* dieser grofsen Brücke; es blieb von ihr weiters nichts stehen, als die Widerlager, einige Pfahlreste der Joche und ihre Umgebung; die eisernen Schrauben wurden gröfstentheils aus dem Flufs herausgezogen.

§. 85. Ueberwiegende Gründe bestimmten die Regierung: hier abermals eine Bogenbrücke erbauen zu lassen, zumal da die Erfahrung gelehrt hatte, dafs keine der bisher in diesem Flufsbezirke errichteten Jochbrücken, fünf Jahre, dem Eisgange oder dem hohen Strom, Widerstand geleistet hatten. Diese neue Bogenbrücke wurde bis zum 6. März 1810 (binnen 6 Monaten) an welchem Tage ich sie dem Gebrauch des Publikums eröffnete, erbauet. Da ich ihre Breite auf 26′ festgesetzt hatte, so mufsten die Joche breiter als bey der abgebrannten werden. In jedes Joch wurden also zehn Jochpfähle, zwischen und oberhalb den Resten der abgebrannten Pfähle, mit einem 1222 Pfund schweren Rammklotze dergestalt eingerammt, dafs der Pfahl 1498 bis 3046 Schläge empfieng und bey der letzten Hitze von 30 Schlägen nichts, oder höchstens nur 2 Linien in den Grund einrückte. Auf den abgebrannten sieben vertical gestandenen Jochpfählen wurden, überdies, eben so viele Rundhölzer aufgeschiftet und bis zur Kronschwelle abgeschnitten, um diese sowohl auf die alten als neuen Pfähle ruhen zu lassen, endlich wurden die Zwischenräume aller dieser Pfähle, mit einer aus Mörtel, frisch gelöschtem Kalch, Sand und grofsen Flufskieseln bestehenden Masse gefüllt, und zu beyden Seiten des Joches bis zu den Faschinenbau eine Plankenverschaalung an die Pfähle genagelt. Jeder Bogen dieser Brücke besteht wie bey den erstern aus zwey Seitenrippen, wovon jede aus drey übereinander gelegten Curven zusammengesetzt und an ihre Stützsäulen gelehnt ist. Beyde Rippen sind vermittelst sieben Schwellen untereinander verbunden. Die den Widerlagern und Jochen zunächst liegenden Schwellenfelder und die mittlern Felder haben doppelte Windruthen erhalten.

§. 86. Dieser neuen Brücke war indessen noch ein grofser Unfall vorbehalten, den ich jetzt darstellen will. 1) Fliefst der Inn oberhalb derselben in einem weiten Bette und tritt aus einer Krümmung hervor, so dafs er seinen Stromstrich öfters ändert; eine Correction seines Laufes würde aber wenigstens dreyfsig tausend

Gulden gekostet haben. Hierzu kommt, daſs 3) sein Bett abwechselnd aus Kies, festen Thonlagen oder Platten, aus feinen Kies, dann wieder aus Thon besteht. 4) Es war also unmöglich, durch diese mehr als 10 Fuſs dicke Thonschicht die Jochpfähle zu rammen und dann noch die Kiesschicht abermahls bis zum Thonboden einzutreiben. Ich hatte daher die rechtseitigen drey in der Tiefe des Flusses stehenden Joche mit einen Faschinenbau umgeben, diesen nach allen Seiten mit groſsen Steinblöcken bedecken, und, bis auf drey Schuh über den niedrigsten Wasserstand, mit groſsen Nagelfluesteinen regelmäſsig pflastern lassen: siehe F. 3. T. 117. Drey Jahre hatten die Joche allen Angriffen der Hochgewässer und Eisgänge vollkommen widerstanden, und bereits im Frühling 1813 fand der Haupt-Strom auch in der mittlern Brücken-Oeffnung statt, so daſs man dessen Angriff auf die Seitenfläche eines der Joche nicht befürchten konnte. Jeder billig denkende Kenner wird also zugeben, daſs ich alle Sicherheitsmaſsregeln angewendet hatte.

§. 87. Die auſserordentliche Anschwellung aller Flüsse Baierns, die Anfangs September 1813 eintrat und den Inn 14′ hoch auftrieb, bewirkte aber eine totale Veränderung des Stromstriches oberhalb der Brücke. Er fiel zuerst auf das linkseitige Ufer und wendete sich dann nach einer mit der Brücke schiefen Richtung auf die linkseitige Wand des dritten Joches c (F. 1. T. 117). In wenig Stunden nahm hier die Tiefe 10 Schuh zu, wodurch der Faschinenbau unterwaschen wurde und nachsank. Der hohe Strom vollendete seine Wirkung und riſs hier die erwähnte Thonschichte des Bettes selbst fort, so daſs der Faschinenbau abwärts dem Joche in die Tiefe von 24 Schuh versenkt wurde; endlich wurde die Thonlage unter den 9 bis 11 Fuſs in den festen Boden fluſsaufwärts eingerammten Pfählen dieses Joches *) stromwärts gänzlich fortgerissen, und am vordern Theil 3′ 6″ unterspühlt. Kein Wunder daher, wenn dieses Joch die auf Tab. 131. F. 7. geneigte Lage erhielt und sich vorne 4 Fuſs senkte.

§. 88. Der einsichtsvolle Leser wird eingestehen, daſs ein solcher Vorfall den Einsturz einer jeden steinernen Brücke und die gänzliche Fortführung des Joches einer Jochbrücke, folglich die Unterbrechung der Passage nach sich gezogen haben würde; aber hier zeigte sich recht die Vorzüglichkeit der Construction meiner Bogenbrücken; denn die Brücke war demohngeachtet nur zwey Tage dem Fuhrwerke

*) Da die Pfähle der ersten Brücke noch in den Grund steckten, so konnte man die Jochpfähle der zweyten Brücke nicht tiefer als 11 Schuh eintreiben; indessen habe ich bey dem nachherigen Ausziehen dieser Pfähle doch leider wahrnehmen müssen: daſs die Pfahlschuhe, meiner Anordnung zuwider, zu leicht waren, so daſs der vom Pfahlschuh freye Theil der Pfahlspitze sich aufgepolstert hatte. Es war daher das weitere Eindringen des Pfahles unmöglich. Ich warne also nochmals vor den Gebrauch leichter Pfahlschuhe, und beziehe mich auf das Seite 271 Vorgetragene. Bey diesem auſserordentlichen Vorfall würde indessen auch ein tieferes Eindringen der Pfähle von einigen Schuhen die Senkung des Joches nicht verhindert haben, weil die Tiefe 14 Schuh zugenommen hatte.

verschlossen, und bereits Anfangs November (1813) war sie wieder in ihre ursprünglichen verticalen Richtung gebracht. Die Art, wie dies bewerkstelliget worden ist, gehört ohne Zweifel zu den wichtigen Fällen des Brückenbaues, ich will sie daher hier beschreiben.

§. 89. Als ich drey Tage nach dem Unfall in Oettingen eintraf, hatte der Localbau-Ingenieur *Lacher*, welcher die Wiederherstellung mit eben so viel practischer Einsicht als Fleifs ausführte, bereits die Strafsenträger in der Nähe des gesenkten Joches aufgenommen, Bauhölzer über die Kronschwelle und die nächsten Tragschwellen gelegt, und den Interimsbrückenweg hergestellt. Folgende Maafsregeln wurden jetzt getroffen. 1) Rammte man unter die beyden gesenkten Bögen Fig. 6. Tab. 130. acht Nothjoche *a*, jedes aus vier bis fünf Pfählen, zwey bis drey Kreutzbändern und einer Kronschwelle bestehend, ein; wovon die zwey letzten zur Verstärkung der nächsten Brückenjoche und Bögen dienten. 2) Diese Nothjoche wurden mit sieben Rüstungshölzern *b* belegt, worauf man, in der Queere, Bohlen legte. 3) Auf dieses Traggerüste setzte man anfänglich dreyzehn Schraubgeschirre unter den flufsaufwärts sich übergesenkten zwey Seiten-Rippen der Brücke. 4) Damit alle Theile der zwey Bögen bey ihrer Aufhebung nicht verschoben werden konnten, so wurden die Streben (Spannhölzer) *A*, *A*; *B*, *C* und *D D* längs jedem Bogen (auf jeder Seite des gesenkten Joches *E*, doppelt) eingetrieben. Zwischen den zwey Spannhölzern *B C* trieb man noch senkrechte Klötze *z z* ein; auch in der Mitte der Bögen und über jedes dem Brückenjoche zunächst stehende Nothjoch wurden die Bögen von dem Gerüste aus mit Spreitzen *H J* Fig. 9. unterstützt. 5) Nachdem diese Streben oder Spreitzen angebracht waren, wurden die unter den Stützsäulen F. G. Fig. 6. befindlichen Keile losgeschlagen, die Verschaalung vom Brückenjoch abgenommen, und zugleich zwischen den gegenüberstehenden Stützsäulen horizontal liegende und keilartig geformte Hölzer *r* Fig. 6., abwärts getrieben, dann aber in ihrer Nähe, die Kronschwelle abgeschnitten. 6) Jetzt legte man zwischen den Stützsäulen *F. G.* und den alten Jochpfählen runde Walzen *F. F.* 7., um das Auftreiben der Brückenbögen zu erleichtern. 7) Nunmehr fieng man mit der *Auftreibung* der flufsaufwärts sich zu stark gesenkten zwey Rippen dieser Bögen. Sie geschah anfänglich mittelst den zunächst dem Brückenjoche unter die Kronschwelle selbst gestellten Schraubgeschirren, wozu 28 Mann gebraucht wurden. Nur bis zu einer geringen Höhe war sie gekommen, als schon die Kronschwelle aus den Zapfen der Jochpfähle genommen ward. 8) Wiewohl diese Hebung nicht mehr als vier Zoll betrug, so wurde doch, während dieser Zeit die Uebersenkung der zwey Bogen flufsaufwärts noch merkbarer; dieser Einhalt zu thun, errichtete man zwey Schraubengeschirre und Streben *h* Fig. 7. zugleich mit den übrigen, zur Auftreibung der Brücke dienenden Schraubgeschirren *c* Fig. 6. und zwey bey *d* Fig. 7. gestellte; jedes wurde von zwey Zimmergesellen in Bewegung gesetzt. So wurden die beyden Bögen, binnen zwey Stunden, 18 Zoll

hoch (in der Nähe des Brückenjoches) gehoben. 9) Nachdem dieses Manöver vollzogen war: legte man so viel Klötze *K* Fig. 6., als die Auftreibung der Bögen zuliefs, auf die Rüstung. 10) Jetzt wurden die Schraubgeschirre nachgelassen, mehrere in der Nähe des Brückenjoches angebracht; und nur viere blieben gegen die Mitte jedes Bogens stehen. Man hob so die Brücke in der Nähe des Joches abermals 8 Zoll, binnen zwey Stunden, und vermehrte die Anzahl der Klötze *K*, um als sichere Tragpuncte zu dienen. Unter denselben waren mit Fett und Seife bestrichene grofse Keile gelegt, die man zur Erleichterung des Manövers mit den Schrauben, während der Auftreibung, stets tiefer eintrieb. 11) Von dem Brückenjoche entfernte man jetzt abermals mehrere Schraubgeschirre, und stellte sie auf die Rüstung bey *c c* Fig. 6. Mit denselben und mit Beyhülfe der vorher erwähnten Keile wurden die Bögen (Rippen) flufsaufwärts wieder 12 Zoll gehoben, wodurch sie die Höhe und Form der flufsabwärts gelegenen zwey Rippen der zwey Bögen erreicht hatten, und vermittelst der stets gebrauchten Schraubgeschirre *h* Fig. 7. hatte man sie zunächst in den verticalen Stand gebracht. 12) Nun erhöhte man die Klotzgerüste *K*, trieb die darunter liegenden Keile an, und vertheilte, auf der Rüstung, alle Schraubgeschirre, so dafs die meisten derselben in der Nähe des Brückenjoches, einige aber unter die Verbindungsschwellen, andere unter die Curven selbst zu stehen kmen; man hob abermals die Brücke wieder 6 Zoll und unterkeilte die Klotzgerüste. 13) Jetzt brachte man die Schraubgeschirre gegen die Mitte der Bögen, die damit 9 Zoll gehoben wurde. Auf diese Weise wurde mit Versetzung der Schraubgeschirre *c*, mit Vermehrung der Klötze *K*, so lange fortgefahren, bis die Bögen ihrer ursprünglichen Form entsprechend, gehoben waren. Vier Tage wurden zu diesem interessanten Manöver, wozu 20 Schraubgeschirre und 30 Arbeiter dienten, verwendet. 14) Um für die Bögen noch mehrere sichere Stützpuncte zu haben, wurden die aus fünf Pfählen bestehenden Nothjoche *q q* (Fig. 6.) in der Nähe des Brückenjoches, eingerammt und mit Schwellen bedeckt; zwischen denselben und den Bögen trieb man Keile ein. 15) So standen nun die zwey Bögen, ohne ein Hauptbrückenjoch zwischen sich zu haben. Die Schlagung eines neuen Joches war daher unbedingt nothwendig, denn 1) waren die Pfähle des Joches ganz aus ihrer Richtung gesunken, und andern Theils standen sie, bey der zugenommenen Tiefe des Stromes, 12 bis 14′ zu seichte. Es war daher nicht möglich, dieselben bis zum Stehen, in die gegebene Richtung, nachzurammen. 16) Um neue Pfähle einzuschlagen, mufste man die Kronschwelle des Joches auf die Seite legen. Fig. 8. zeigt, wie viel alte Pfähle stehen geblieben und wie viel neue eingerammt worden sind. 17) Es ist bereits bemerkt worden: dafs ich bey dem Bau der zweyten Brücke die Reste der abgebrannten Jochpfähle überall stehen, darauf die bis zur Kronschwelle gehende Rundhölzer schiften und zwischen je zwey Pfahlreste einen neuen Pfahl einrammen liefs; so dafs es nicht möglich war, ohne *Ausziehung* von mehreren dieser Pfähle, neue Jochpfähle einzurammen! Diese wurde folgender-

maafsen bewirkt: man stellte auf die Brücke zwey Zughaspel *l* und ein Schraubgeschirr *m*, wand um jene ein dickes Seil *o* und um dieses eine starke Kette *n*; schlang diese, so wie die zwey Seile bey *p*, um den auszuziehenden Pfahl. Jetzt wurden an den Haspeln sechszehn und an dem Schraubgeschirr vier Arbeiter gestellt, während von drey andern unten auf einem Schiff stehenden Arbeitern, mit einem Holz an den Pfahl angestossen wurde. Auf diese Weise ward der Pfahl losgewackelt und binnen 2 bis 3 Stunden gehoben. Endlich wurde 18) auf der Brücke eine Ramm-Maschine errichtet und sieben neue Jochpfähle, bis zum stehen, eingerammt; die noch stehen gebliebenen ältern Jochpfähle wurden, vermittelst eines Pfahlknechtes, nachgerammt, dann wurde auf jedem ein Rundholz gesetzt, und darauf befestigt; alle diese Pfähle wurden, bis zum stehen (vermittelst eines Pfahlknechtes) nachgerammt, mit Zapfen versehen und die Kronschwelle auf dieselben gelegt.

Als ich am 2. October 1813 diesen Bau wieder besuchte, waren nur noch vier Pfähle einzurammen. Diese sieben neuen Jochpfähle stehen 15 bis 16 Schuh in den festen natürlichen Grund, wo wieder eine Thonschicht erreicht worden war.

§. 90. Die Ausführung dieses wichtigen Baues war so wohl geleitet worden, dafs die Brücke während allen diesen Manövern stets befahren werden konnte, wefswegen auch die Ramm-Maschine statt eines Schwellwerkes und der darin eingehenden Ruthen, bewegliche Ruthen mit Spitzen hatte, so dafs die Fuhrwerke, wenn die Ramme nicht anders gestellt werden konnte, unter dieser Maschine durchfuhren.

§. 91. Um dieses gesenkte Brückenjoch werden jetzt mit Steinen gefüllte Senkfaschinen und Sinkstücke geworfen, damit es eine desto gröfsere Stabilität habe. Damit die fünf Bögen dieser Brücke, welche nothwendig durch diesen Unfall litten, wiewohl sie jetzt vollkommen ihre ursprüngliche Form haben, für die Zukunft vollkommen stabil sind: liefs ich in der Mitte noch eine aus zwey Curvenlagen übereinander bestehende Rippe (über die Verbindungsschwellen) einziehen, und von den Widerlagern, so wie auch von den Jochen ab, zwey Stützstreben längs dieser Ribbe, in den zwey ersten Schwellenfeldern, anbringen.

Beschreibung der bey der Stadt Freysing über den Isarflufs in Baiern i. J. 1807 erbauten Bogenbrücke. Tab. 107. 108 und 109.

§. 92. Unter allen Brücken dürften vielleicht bey keiner so viele Naturhindernisse, so viele Einwirkungen intriganter Verhältnisse mitgewirkt haben, als bey dieser auf T. 107. perspectivisch dargestellten Brücke, die, in Vereinigung mit den schönen Umgebungen Freysings ein reitzendes Landschafts-Gemählde bildet. Einige bey ihrem Baue überwundenen Localschwierigkeiten wollen wir in dieser geschichtlichen Darstellung entwickeln, von den besondern Einwirkungen aber viele unberührt lassen. Die alte Brücke bestand aus achtzehn Pfahljochen, jedes zu sieben Pfählen. Ihre Länge betrug 688 Schuh. Sie hatte eine krumme Richtung, und bildete in der Mitte einen stumpfen Winkel. Welche Lage man auch einer neuen Brücke geben,

welche Construction man auch wählen mochte: so waren doch viele Joche bey dem im ersten Bande Seite 293. beschriebenen, und auf Tab. D dargestellten krummen Lauf der Isar, der Gefahr ausgesetzt, jährlich fortgerissen zu werden, so wie die Stadt Freysing selbst dem Anfall der Isar bloſs gestellt. Ich entwarf zugleich die im ersten Bande angezeigte Fluſscorrection. Da ohne deren Ausführung die Brücke gar nicht erbaut werden konnte, so muſste dieselbe zugleich mit dem Brückenbau bewerkstelliget werden. Zu der citirten Beschreibung der Geradeleitung dieses Flusses glaube ich noch hinzufügen zu müssen: daſs der darin erwähnte Durchstich $x\,y$ Tab. D. im Jahre 1813 von neuem ausgehoben; die seitwärts demselben liegende Krümme aber gröſstentheils mit einem Faschinendamm abgedammt worden ist, so daſs der Strom gegenwärtig eine gerade Richtung auf die Brücke hat, und diese Krümme gröſstentheils versandet ist. Deswegen steigt jetzt der Strom nicht mehr so hoch, wie ehemals: denn die Geschwindigkeit der Hochgewässer in dieser geraden Bahn hat bedeutend zugenommen, und das Fluſsbett ist einige Schuh vertieft. Diese Fluſscorrection ist auch Fluſsaufwärts i. J. 1813 mit dem besten Erfolge fortgesetzt. Es sind daher die Gegenden oberhalb Freysing und am rechtseitigen Ufer seit 1808 nicht mehr überschwemmt worden.

§. 93. Jetzt komme ich zur Beschreibung dieser Bogenbrücke. Ende März 1807 entwarf ich die Zeichnung dazu, und nach der hydrometrischen Profilweite des Flusses gab ich derselben zwey Bogen, jeden zu 159 Schuh. Wiewohl zwey Bögen niemals ein so schönes Ansehen geben, als ein Bogen oder als drey: so bestimmten mich doch folgende Gründe dazu. *a)* Wären drey Bögen etwas zu klein geworden, weil der Fluſs hier sehr reissend ist, und *b)* einer war zu groſs, weil demselben nicht die erforderliche Höhe gegeben werden konnte, da die Ufer niedrig sind.

Ich lieſs nun 1) jeden Bogen aus drey Rippen 1. 2. 3. F. 4. T. 108., zu 12′ Höhe, bestehen; jede Rippe ist aber in der Mitte aus drey Curven zusammen gesetzt. 2) Die untere Curve erhielt eine Höhe von 14″ 3‴ bis 15″; die mittlere 16″, und die obere 14″ bis 14″ 9‴. 3) Diese drey Rippen eines jeden Bogens sind in drey Stützsäulen *a a* Fig. 2. eingelassen, welche sich gegen das 22′ dicke Widerlager anstemmen. 4) In den Schenkeln der Bögen construirte ich noch, aus zwey Curven, drey andere Rippen *d c* F. 2., über die erstern, nach einem gröſsern Radius, die ich 16′ 6″ in die Widerlager einschloſs, und oberhalb 5 durch die Stützsäule *a a* gehen lieſs. Indem diese Schenkel die Seitenausbiegung der Brücke verhindern, ohne gerade für die Spannung der Bögen nothwendig zu seyn, suchte ich eine Veränderung in die Construction zu bringen, obgleich ich mich stets an ihre Maximen hielt. 5) Die Widerlager dieser Brücke sind, jedes auf 68 Grundpfählen, deren Länge 30 bis 39′, und deren Stärke 16″ beträgt, erbaut; diese Pfähle stehen 18 bis 20′ in dem festen Grund, und 17 bis 19′ in einen Faschinenbau. 6) Die obern drey Rippen eines jeden Bogens stoſsen eines Theils gegen die Stützschwelle *d b*, andern Theils gegen die untern Balken der Stützwand *d*; diese Stützwand lehnt sich aber an die Pfähle *l* F. 2 u. 6., welche

20′ in den festen Grund und im Faschinenbau eingerammt, 7′ 3″ aber in das Widerlager eingemauert sind. 6) Jeder von den drey Rippen 1. 2. 3. (F. 4.) eines Bogens wurden mit sieben Schwellen in Verbindung gebracht, und ihre Hölzer durch vierzehn 1 ½ bis ¾ Zoll starke Schrauben, wovon die gröſsten 96 Pfund wiegen, aufeinander gespannt. Von den Widerlagern gehen bis zu den ersten Bundhölzern *z* F. 2. u. 10. In jedem der beyden mittlern Schwellfeldern sind überdies Kreutzstreben *w w* F. 4. und 5., die sich wechselseitig an die Schluſsschwelle *c* F. 2. und an die Spannklötze *x* F. 4. anstemmen, zur Vermehrung der Spannung, angebracht. In jedem Schwellfelde sind auch zwey Paar sich kreutzende Windruthen *v v* F. 3. 7. und 10. eingespannt. Diese Bogen-Rippen, die Verbindungsschwellen, die Kreutzstreben und Windruthen, die Schrauben und Bundhölzer, so wie die an den Schrauben angebrachten Ständer *p* F. 2. und F. 6., und endlich die in die Widerlager hineingehenden Bogentheile *d* haben die Stabilität dieser Brücke dergestalt bewirkt, daſs sie sich beym Trottfahren der schwersten Fuhrwerke, nicht im mindesten bewegte, und nicht um eine Linie aus der Verticalfläche gewichen ist. 7) Das Joch bestand aus *neun* verticalen, 18 Fuſs in den Grund eingerammten, 18″ starken Pfählen, die mit einen 13′ dicken Faschinenbau umgeben waren; ferner aus zwey schrägstehenden 46 bis 48′ langen Stützpfählen. Alle diese Pfähle sind bis zum Stehen und zwar in zweymaligen Perioden, eingerammt. Das Profil F. 9. T. 108. giebt von diesem Joche, an dessen vier Seiten ein 4 bis 10′ hohes und 3 bis 6 Fuſs breites, aus sehr festen Nagelfluesteinen bestehendes Steinlager gelegt ist, dessen Fugen mit Cementmörtel ausgegossen sind, eine deutliche Vorstellung. Hinter den sich an die Widerlager anlehnenden sechs Stützsäulen *a* ist eine 4″ dicke eichene Planke *B* gelegt. Zwischen dieser Planke und den Stützsäulen sind 3″ starke Keile eingetrieben, so daſs die Stützsäulen vollkommen an die 22′ dicken Widerlager anstehen. 8) Bey dem Joche ruht die Last der sechs Rippen auf zwey Traggurten *p p* Fig. 2. u. 9., welche auf drey eiserne, unter die Stützsäulen angebrachte Tragringen (zu 60 ⅔ Pfund), liegen. Diese zwey Traggurten *p p* sind mit vier 1 ½ Zoll starken Schrauben, wovon in F. 9. zwey, durch Puncte angegeben sind, zusammen gezogen. Die Pfahlräume F. 9. des Joches wurden bis fünf Fuſs unter die Traggurte, und oben bis zur Kronschwelle, in allem auf zehn Fuſs, mit Cementmörtel, Ziegelgraus, ungelöschten Kalk und Kiesel ausgefüllt, nachdem die Jochpfähle betheert und an beyden Seiten mit drey Zoll starken Planken verschaalt waren. Auf diese Weise erhielten die Bögen ganz sichere Stützpuncte. 9) Damit auch die an das Joch sich lehnenden Stützsäulen einen verticalen Stand behielten, lieſs ich durch je zwey gegenüber stehende Stützsäulen und einem Jochpfahle, 2″ starke Schrauben *k n* Fig. 2. und 9., bey *k*, ziehen. Die Backen und Theile jeder Stützsäule sind durch zwey 1 ½ Zoll starke Schrauben *o o* F. 2. oder *g* und *g c* Fig. 9. verbunden. 10) Zwischen der Verschaalung des Joches und den drey Stützsäulen wurden gut getrocknete Keile (F. 2.) eingetrieben, ehe man die Rüstung

wegnahm. So waren also die Bögen gespannt, und für deren sichern Stand, da, wo sie sich an das Joch lehnten, vollkommen gesorgt. 11) Ich muſs hierbey bemerken, daſs ihr Anfang bey den Jochen 4′ 10″, bey den Widerlagern aber 2′ 3″ über den niedrigsten Wasserstand liegt; mithin bey den Jochen 2′ 7″ im Mittel höher steht, damit die Aufführung der Chausséedämme so wenig als möglich kostete. Der höchste Wasserstand vom 1. August 1807 ging unweit den Jochen bis zu der Schraube *F* F. 8., und stand 8′ 4″ über den niedrigsten. 12) Der eichene Rost des Widerlagers F. 4. ist 18″ unter dem niedrigsten Wasserstand gelegt. Darunter sind die Pfahlräume vier Fuſs hoch mit Kies und lebendigem Kalke, welche Masse in das Wasser geschüttet wurde, vollkommen ausgefüllt; diese Füllmasse bildete nach 14 Tagen einen steinharten Körper. 13) Ueber die Rostplanken sind sechs Lagen Tufsteine (F. 7.) gelegt, und in der Widerlagkammer ist die Sohle aus Ziegeln gemauert. 14) Die Seitenwände der Widerlager sind von gut gebrannten Ziegeln und Tufsteinen aufgeführt, mit festen Nagelfluesteinen bedeckt, die Zwischenräume 10 sind aber mit Kiesel und einem Guſs von lebendigem Kalk ausgefüllt. In jeder vordern Lage der Tufsteine sind, bey jeder Fuge, drey Zoll starke Vertiefungen eingehauen, worin Kiesel eingetrieben wurden, damit nach Jahrhunderten nicht ein einziger Stein verrückbar sey. Wie diese Widerlager aufgemauert, mit einem Gurt versehen, und mit welcher Sorgfalt sie gegründet und gedeckt sind, dies sieht der Kenner aus Fig. 2. 3. 4. 7. und 10. Tab. 108. so deutlich, daſs eine weitläufige Beschreibung unnöthig ist.

§. 96. Die Ausführung dieser Brücke war vorzüglich deswegen schwierig, weil das rechtseitige Widerlager (es steht auf Tab. 108. links), mitten im stärksten Strome, selbst bey einer Tiefe von vierzig Fuſs, fundirt, und die Brücke gebaut werden muſste, während der Isar eine andere Richtung gegeben wurde. Die im I. B. Seite 293. beschriebene Fluſscorrection muſste deswegen zugleich mit der Brücke gemacht werden, *a*) weil die alte Brücke nicht länger stehen konnte, und *b*) die neue Brücke, insbesondere das linkseitige Widerlager, bey dem ehemaligen Lauf des Flusses, der Gefahr unterwaschen zu werden, ausgesetzt worden wäre. Der Bau des rechtseitigen Widerlagers scheint für die Wasserbaukunde äuſserst lehrreich zu seyn!

§. 97. Diejenigen, denen die Wissenschaft und die Staatswirthschaft gleich wichtig war, haben daher den Bau dieser Brücke als eine wahre Schule practischer Bauführungen betrachtet. Um daran auch meine Leser Theil nehmen zu lassen, will ich seinen Fortgang in der Kürze beschreiben. 1) Wurde der Werksatz (T. 107. F. 2.) Ende May 1807, auf einer Wiese errichtet. Er bestand in jeder Oeffnung aus folgenden Gerüsttheilen. *a*) Unter der Schluſsschwelle 14 aus drey Gerüstböcken c^c, c^2 und c^3. *b*) Aus vier Reihen Stuhlgerüsten *A*, *B*, *D* und *E*, wovon jede Reihe aus zwey Stuhlgerüsten *A*, A^2; *B*, B^2; *D*, D^e, und *E*, E^e gelegt war, die unter den zwey Seitenrippen errichtet waren. Ueber jede zwey gegenüber stehende Stuhlgerüste war ein Gerüstholz gelegt, worauf einige Querhölzer, die dem mittlern Bogen zu

Unterlagen dienten, lagen. *c*) Ueber die Bockgerüste waren Gerüsthölzer *k k*, *l*, *m* (unter jeder Rippe, deren jeder Bogen drey hat) gelegt, um zu Unterstützungen zu dienen. *d*) Zwischen den untersten Lagerhölzern der Stuhl- und Bockgerüste liefen (unter jeder Rippe) zwey Gerüstschwellen *i i* durch. *e*) In der einen Hälfte der Bögen, nämlich gegen die Stützsäulen des Joches zu, waren noch drey Gerüststützen *o*, *o*, *o* (unter jedem Bogen) gestellt, worauf Spannriegel *n*, *n* lagen, über die wieder Gerüsthölzer, und oben zwey Keile, gelegt wurden. Diese Keile sind bey der Biegung der Bogenhölzer, je nach der Erfordernifs, losgeschlagen oder angetrieben. 2) Nachdem die Lage und der Anfang der Bögen, die Unterlag- oder Krümmungspuncte, der Stand von den Stützwänden *II*, *I*, und der Stützsäulen 2 und 19 abgesteckt waren, so dafs alle gleichnamige Puncte, bey den sechs Rippen der zwey Bögen, in eine und dieselbe Horizontal- und Verticalebene zu liegen kamen, wurden die zwey Schlufsschwellen 14 gelegt. Dann bog man, vermittelst Hebel, die untern drey Curven so weit, bis sie mit den Kerben des Kerbstockes *a* correspondirend abgeschnitten werden konnten. Dieser Kerbstock ward, je nach dem Abschnitt der Curven, 5. 6. 7. vertical gesetzt. Jetzt umschlang man (gegen die Mitte zu) diese drey Curven mit Ketten, und zwängte sie zwischen Zwingen. Diese Ketten schlang man auch um die auf dem Boden liegenden Gerüstschwellen *i i*, zog dann dieselben, mittelst Hebel, dergestalt zusammen, bis die untern Curven sich auf ihre Unterlager bogen. 3) Die Anbringung der Gerüstschwellen *ii* war deswegen nothwendig, weil man ein solches Gegengewicht haben mufste, welches nicht durch die Biegung oder Spannung der Curven herauf gehoben wurde, und dieses Gewicht war nicht allein von diesen Schwellen *f*, sondern auch von den Stuhl- und Bockgerüsten hervor gebracht, weil jene Schwellen unter diesen Gerüsten durchliefen. 4) Zur Bereicherung der Praxis glaube ich das Krümmungs-Manövre, welches mit den dem Joche zunächst liegenden Curven 5. 6. 7. eines jeden Bogens bewerkstelliget wurde, näher beschreiben zu müssen. Nachdem, wie gesagt, die Schlufsschwelle 14 und die sämmtlichen Unterlager der zwo Bögen gelegt und aufgesetzt, so wie die drey Curven eines jeden der drey Rippen auf das Gerüst, in ihre Richtung, gelegt, und mit zwey in F. 2. punctirten Zwingen *z z* zusammen gehalten waren, so rammte man an der vordern Seite eines jeden Bogens zwey, eine Pfahlzwinge formirende Pfähle 3, 3, fünf Fufs tief in den Boden. 5) Jetzt wurden die drey Curven 5. 6. 7., einer jeden der drey Rippen, mit einer darum geschlungenen Kette, deren Glieder 6″ lang und vier Linien stark waren, mittelst Keile, zusammen gezogen. 6) Die Schlufskeile *h h h* wurden eingetrieben, und ehe die Curve 21. aufgebracht war, wurden die Schwellen *t* und 10. gelegt. 7) Da das Stuhlgerüste *E* und das Unterlager *II*. *II*. nicht als Krümmungspuncte, sondern nur als einstweilige Unterlager der Rippen und zum Laufgerüste bestimmt waren, so wurden sie, unter jedem der drey Rippen, weggenommen. Es biegen sich nämlich die Balken in der Nähe ihrer nicht unterstützten Enden, vermöge ihrer

Schwere und Elasticität, so, daſs man sie vor der Biegungsoperation unterstützen muſs, damit sie keinen falschen Bogen annehmen, weswegen jene Gerüste *E* und *II*. *II*. angebracht werden muſsten. Auch wurden diese Balken 3 bis 5′ länger gelassen, als sie seyn sollten, damit sie erst nach der Biegung mit den in dem Kerbstock der Stützsäulen eingehauenen Kerben genau correspondirend abgeschnitten werden konnten. Es blieben also in der Mitte der drey Rippen blos die Unterlager *D* und 12. liegen, so, daſs der Krümmungspunct 13., vierzehn Fuſs von der Schiftung *y* der untern Curvenlage entfernt war. 8) Ich muſs noch bemerken, daſs bey beyden Krümmungspuncten Keile gelegt waren, welche man, je nachdem die Krümmungsoperation fortrückte, ein- oder ausschlug, damit die Biegung der Curven, nach und nach, vor sich ging. 9) Da nach der Wegnahme der oben bezeichneten Unterlager die untere Curve sich, vermöge ihrer Schwere und Elasticität, an ihrem Ende weiter als die obern herunter senkte, so muſsten die Balken 5. und 6., unweit ihren Enden, mit einer Klammer, deren wir mehrere in F. 2. T. 107. sehen, zusammen gehalten werden. 10) Jetzt wurde auf das Ende der obern Curve, und zwar über alle drey Rippen, ein acht Zoll im Quadrat starkes Holz *a* gelegt; bey jeder Rippe aber eine einen Zoll starke Kette *y*, um dieses Holz, geschlungen. Die Kette wurde zugleich um einen 9′ langen Hebel *i* gelegt. Ueber diesen Hebel ward in der Quere, unter die unterste Curve, ein zweyter Hebebaum *k* gesteckt, um den man gleichfalls eine Kette schlang, welche an dem Pfahl 3., mittelst eines Bolzens, befestigt war. Beyde Hebel wurden nun mit acht Mann (bey jeder Rippe) in einem Moment herunter gedrückt, folglich auch das Querholz *a* und also die Enden der die Curven formirenden Balken; dann wurde die Kette *y* an dem Haupthebel verkürzt, und dieser allein herunter gedruckt, bis die Curven ihre Krümmung erhalten hatten. 11) Damit während dieser Operation die Arbeiter ausruhen, folglich die Hebel nicht zurückspringen konnten, welches der Elasticität des Holzes gemäſs, erfolgt seyn würde, so schlingt man um die Curven und um die Gerüstschwellen *II* Seile, und spannt diese mit Drehknebel an. 12) Die Biegung aller neun Curven der drey Bogen-Rippen war, nach der einen Seite, in einer halben Stunde vollendet. Jetzt wurden die Querhölzer 4. durch die Pfähle 3. gesteckt; zwischen dem Holze 4. aber und dem Bogen eichene Keile eingetrieben, so daſs derselbe in einer Pfahlzwinge vollkommen eingezwängt ward. 13) Die Curven wurden in der Mitte der Rippe mit um dieselben und um die Gerüstschwellen *JJ* geschlungener Ketten und Hebel herunter gebogen. Dann legte man die übrigen Schwellen, Bundhölzer, den Schluſsbalken, und schloſs alles in Zwingen (15) ein.

§. 98. Während man an dem Werksatze arbeitete, wurde das linkseitige Widerlager gegründet. Von dem 26. July an bis 27. August rammte man das Joch in eine zwey Schuh unter dem niedrigsten Wasserstand liegende Kiesbank, fünf und zwanzig Fuſs tief, mit einem Rammklotze von zwölf Centner ein, zu welchem Behuf, an beyden Seiten des Joches, zwey Gerüstjoche geschlagen waren. Die hohen Wasser-

stände des Augusts vertieften diejenige Stelle des Flufsbettes, worin die Jochpfähle eingerammt waren, um dreyzehn Schuh. Ich liefs daher die Rammarbeiten noch einmal anfangen, und die Jochpfähle wurden noch 4½ Schuh tiefer bis zum Stehen eingerammt. Jetzt erst wurde das Joch mit einem Faschinenbau ϱ R (F. 9. T. 108.) umgeben, welcher am 5. November beendigt war.

§. 99. Des linkseitigen Widerlagers erster Stein wurde am 22. October gelegt, nachdem zuvor vier und achtzig Personen 3½ Tag und eine Nacht über, Flufskiesel und ungelöschten Kalk unter die Rostplanken gefahren und eingeschüttet hatten. Diese Ausfüllung reichte bis auf das Flufsbett hinab.

§. 100. Anfangs October war auch der Faschinenbau des rechtseitigen Widerlagers (es steht links in F. 4. T. 108.) mit einem 4′ über den niedrigsten Wasserstand gelegten Kranze vollendet. Dieser Kranz oder die höhere Umgebung des übrigen Faschinenkörpers diente nämlich zur Abhaltung eines höher stehenden Wassers, von dem Bezirke, worin man das Widerlager gründete. Dieselbe wurde fortgerissen, nachdem die Widerlagermauer mit ihr eine gleiche Höhe erreicht hatte. Die Aufführung dieses rechtseitigen Widerlagers war deswegen äufserst beschwerlich, weil der Strom daselbst, wo es aufgeführt werden sollte, sich eine Tiefe von 22 bis 30 Fufs gegraben hatte. In einem solchen reissenden Strom, wie die Isar, drey und vierzig Schuh hohe Fangdämme anzulegen, zumal da ein grofser Theil des Stromes auch hinter dem Widerlager und dem Ufer abfliefsen mufste, war gänzlich unmöglich. Eben so wie die Ausführung des Mauerwerkes in einem Kasten. Ich wählte daher eine neue beym Brückenbau sehr zweckmäfsige Methode, zur Gründung in den gröfsten Tiefen und in reissenden Strömen. Ich liefs mitten in der gröfsten Tiefe einen Faschinenbau aufführen, und denselben bey E F (F. 4. T. 108.) quer über den Strom bis zum Ufer anlegen. Den Schlufs dieses Faschinenbaues ordnete ich am 4ten September 1807 an. Hier, zwischen der Widerlagstelle und dem Ufer, wurde derselbe 4′ unter dem niedrigsten Wasserstande versenkt, damit der Strom darüber hinfiel, wie dies in der citirten Figur ausgedrückt ist, und wovon ich die Ursachen oben angegeben habe. Durch den Faschinenbau liefs ich nun 69 eichene 12 bis 14″ starke Grundpfähle, mit einem 1220 Pfund schweren Rammklotz, eintreiben. Ueber den Faschinenbau, (in der Nähe des eingerammten Pfahles) liefs ich, während dem Rammen, feinen Kies auffahren, welcher, durch die Erschütterung des Rammklotzes, in den Bau einrieselte, und den Rammpfahl umgab. Diese Pfähle wurden zu einer Länge oder zu einem Pfahlstand von 22 bis 39 Schuh bis zum Stehen, d. i. so lange gerammt, bis sie nur noch 1 bis 2 Linien, bey dreyfsig Schlägen, einrückten. Die Beobachtungen über das Einrammen von 19 Grundpfählen dieses Widerlagers sind im 2. B. S. 577. mitgetheilt worden.

Vor Aufzapfung des Schwellrostes auf die Grundpfähle ward eine Ausfüllung von Kiesel und ungelöschtem Kalk in allen Pfahlräumen eingeworfen, dann erst der

Schwellrost gelegt, und die Rostfelder mit eben diesen Materien vollkommen ausgefüllt. Sie verbanden sich so innig, dafs die Ausfüllung eine vollkommen steinartige Masse bildete, worauf sowohl als auf die Rostschwellen, die Rostplanken gelegt wurden. Hierauf wurde nun das Mauerwerk mit gut gebrannten Ziegeln und Tufsteinen aufgeführt, wie dies die Profile und verschiedene auf Tab. 108. gezeichnete Horizontalschnitte deutlich zeigen, und wie es oben beschrieben ist.

§. 101. Ich komme jetzt *zur Errichtung der Bögen* über den Flufs. 1) Anfangs November 1807 war die Gerüstbrücke *a b c* T. 109. F. 10. angefangen, und bis den 22. vollendet; auch dergestalt abgeschnitten, so dafs drey Hauptunterlager und einige Nebenlagerhölzer die Krümmungspuncte der drey Rippen eines jeden Bogens bildeten. An diesem Tage wurde die erste Curve des rechtseitigen Bogens gelegt, und am 28. war die Hälfte von drey Rippen in ihre Lage gebracht, wie es F. 8. T. 109. zeigt. Am ersten December hatte man bereits die Zwingen an drey Rippen angebracht, und vermittelst Einschlagung von Keilen und Anlegung von Ketten wieder in die ihr zugehörigen Krümmung gebogen, wie dies in Fig. 11. dargestellt ist. Am 7. December war (Fig. 9.) der eine Bogen vollendet, die Hauptschrauben und Kreuzstreben eingezogen. 2) Die mittlern Rippen F. 8. T. 108. wurden zuerst errichtet, um zu denselben besser zu gelangen, und nach Vollendung der zwey Seiten-Ribben die Kreuzstreben und Windruthen zugleich einsetzen zu können. Diese Bauconstruction zeigt sich mit allen Windruthen und Kreuzstreben in der zuletzt citirten Figur sehr deutlich. 3) So wurde nun dieser wichtige Bau mit aller möglichen Vorsicht und Anstrengung betrieben, und Ende 1807 in der Hauptsache vollendet, so dafs am 5. Februar 1808 von der alten in F. 8 u. 9. T. 109. dargestellten Brücke keine Spur mehr vorhanden war, indem ihre Pfähle vier Fufs unter dem niedrigsten Wasserstande abgesägt, oder bis auf den Grund abgesprengt waren. Während des Baues dieser Brücke war die Passage nur vier Tage gehemmt worden. 4) Im Frühjahr 1808 wurden die Seiten der Widerlager aufgeführt, alle Brückenhölzer betheert; die Verschaalung an beyden Seiten gemacht, wie dies in F. 1. T. 108. ausgedruckt ist. Ueber dem Schlufsbalken wurde eine Bohlendachung, zur Abhaltung des Schlagregens und Schnees, aufgenagelt, die in F. 7. T. 108. dicht an den Geländersäulen sichtbar ist. Endlich ist die Umgebung des Joches mit grofsen Nagelfluesteinen beworfen, gepflastert und mit Cementmörtel ausgegossen. Zur Conservation des Holzes wurde die Sorgfalt so weit getrieben, dafs es zweymal mit Theer bestrichen ist, und dafs vor den Enden der Curven und Kreuzstreben, auf der Oberfläche, kleine Rinnen *h i* F. 2. T. 108. eingehauen sind, um die Nässe, welche sich längs der Oberfläche dieser schiefliegenden Hölzer auf dem Theeranstrich hinzog, ablaufen zu lassen, ohne in die Zapfen und Stützsäulen einzudringen. Ja diese Zapfen sowohl als die Einkerbungen der Stützsäulen wurden noch mit siedendem Leinöl ausgegossen. Maafsregeln, deren Anwendung von wesentlichen Nutzen ist, und die man nie unterlassen sollte.

§. 102. So war also ein nützliches Werk, daſs *mit Erlaubniſs sr. königlichen Hoheit des Kronprinzen: Ludwigs-Brücke* benennt wurde, wie ich mir schmeichle, mit aller Sorgfalt vollendet. Die steinernen Widerlager, das Joch und dessen Umgebungen hatten den gröſsten Theil der Kosten verursacht. Ich will also hier noch anführen, die Resultate des Einrammens der Jochpfähle an der Freysinger-Isarbrücke.

Siehe Tab. 108 und 109., Seite 346. Der eiserne Rammklotz wog 1220 Pfund. Die Pfähle waren 18 bis 20 Zoll, drey Schuh von ihrem Kopfe entfernt, stark. Sie rückten 4 bis 22 Zoll, vermittelst ihrer eignen Schwere und Anklopfen mit einem Hammer, in den Grund. In jeder Hitze wurden 30 Schläge, während einer Minute, gemacht. Diese Rammarbeiten des Joches wurden in zwey Zeitperioden bewerkstelligt. Die zweyte wurde vorgenommen, nachdem der Strom eine Sandbank, worin die Pfähle geschlagen wurden, fortgerissen hatte. Hiedurch konnte ich dem Joch einen überaus sichern Stand geben.

Erste Einrammung.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl steht in dem festen Grunde			Der Pfahl rückte in der letzten Hitze
		Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.	Lin.
1	68	68	—	2040	55	21	9	5	24
2	65	65	—	1950	54	23	6	9	2
3	51	51	—	1530	59	20	10	0	0
4	93	93	—	2790	57	22	10	6	2
5	75	75	—	2250	61	24	6	3	1
6	76	76	—	2280	60	21	8	4	4
7	80	80	—	2400	62	24	3	0	1
8	70	70	—	2100	60	25	3	2	1
9	75	75	—	2250	56	21	1	4	3
10	84	84	—	2520	57	24	4	11	3
11	52	52	—	1560	57	22	3	10	1

Zweyte Einrammung.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl rückte bey der zweyten Rammung noch in den festen Grund			Der Pfahl rückte in der letzten Hitze
		Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.	Lin.
1	17	17	—	510	53	2	3	—	13
2	47	47	—	1410	59	3	10	11	12
3	55	55	—	1650	55	4	2	9	10
4	56	56	—	1680	52	4	6	3	5
5	33	33	—	996	55	3	6	8	10
6	36	36	—	1080	55	2	6	8	6
7	38	38	—	1140	52	2	11	5	6
8	63	63	—	1890	58	2	10	6	8
9	38	38	—	1140	60	3	4	6	9
10	16	16	—	480	54	2	0	7	18
11	8	8	—	216	62	1	6	7	30

§. 103. Im Sept. 1807 reiste ich nach Westphalen, um aus Auftrag des damahligen Königs, den Entwurf eines die Elbe mit der Weser vereinigenden Canals auszuarbeiten, nachdem ich das Local untersucht haben würde. So wie bey allen übrigen Brücken hatte ich auch bey dieser Freysinger den Auftrag ertheilt: die Schraubenmuttern von Neuem anzuziehen, wenn dieselben wegen des Eintrocknens des Holzes locker würden; die Schiftungen von Zeit zu Zeit auszukeilen, und bey einer Vertiefung des Flußbettes, die Umgebungen des Joches mit neuen Faschinenlagen zu erhöhen. Die Brücke sollte mit Kies bedeckt werden, um die Deckplanken zu schonen. Von allem diesem war aber nur das letztere, d. i., die Belastung der Brücke mit einer hohen Kiesdecke bewerkstelliget worden, welches sich bey den nachher angestellten Untersuchungen zeigte. Zuerst war in der Nähe des Widerlagers der rechtseitige Bogen damit befahren, wiewohl bekanntlich alle Bögen ihren vorzüglichen Widerstand, womit sie Lasten tragen, in der Mitte ausüben. Was das Nachtheiligste war, so hatte man die Umgebungen des Joches sich selbst überlassen, wiewohl das Flußbett fünf Schuh tiefer geworden war. Dies zeigen auch die in F. 2. T. 108. an der Wand des Joches liegenden großen Steine. Daher kam es denn auch, daß das Joch auf der einen Seite, wegen dem Sinken des Faschinenbaues, weniger Widerstand leistete, als auf der andern. Diese Senkung des Faschinenbaues hätte mit geringer Aufmerksamkeit ausgefüllt werden können, wenn nur zwey Buschlagen darauf gelegt worden wären. Ohngeachtet aber an der rechten Seite des Joches der Faschinenbau sich gesenkt hatte, so beschwerte man dennoch, wie gesagt, die Schenkel der Bögen, also ihre schwächsten Theil, zuerst mit Kies, ohne die mindeste Rücksicht auf ihre Spannung zu nehmen, welche die Beschwerung der Bögen zuerst in der Mitte, und dann an den Seiten vorschreibt. Auch waren weder die Schrauben angezogen, noch die Zwischenräume der Schiftungen und der Curven ausgekeilt worden. Unter diesen Umständen war es daher kein Wunder, daß der linkseitige Bogen sich nach der punctirten Linie *CDFZ*, Fig. 8. T. 108. auf der rechten Seite senkte, und auf der linken unbedeutend stieg. Dieses Setzen betrug jedoch da, wo es am bedeutendsten war, nach der Ausmessung vom 24. November, nur zwölf Zoll; denn gleich nach der Ausschlagung der Gerüstkeile im Januar 1808 hatte das Setzen des linkseitigen Bogens einen Zoll betragen. Der rechtseitige hatte sich nur um 3 $\frac{1}{2}$ Zoll, aber regelmäßig nach der Bogenlinie, gesetzt, welches Setzen bey einer Bogenweite von 159 Fuß und so geringen Bogenhöhe, äußerst gering und kaum des Anführens werth ist, indem sich die steinerne Brücke von Neuilly T. 118., welche die schönste Brücke in Europa ist, 13 Zoll gesetzt hat, und fast alle übrigen Brücken sich mehr als diese Freysinger Brücke setzten.

Wiewohl dieses geringfügige Setzen eine Thatsache und actenmäßig ist, so hatte mir doch ein Bauindividuum nach Kassel, unterm 4. October einen ganz falschen Bericht gemacht, den ich unter meinen Papieren aufbewahre. In dieser meiner Ab-

wesenheit wollten mehrere Personen diesen Vorfall benutzen, um den Bau der Bogenbrücken in dem Königreiche Baiern zu unterdrücken; vorzüglich waren es diejenigen, welche auf meine dringenden Empfehlungen angestellt wurden, die ich mit Wohlthaten überhäuft, und wovon ich einen aus meinen eigenen Mitteln mit Geld unterstützt hatte! Sie behaupteten: dafs die Widerlager gewichen wären, wollten die Brücke abtragen lassen; auf diese Weise gleichsam dem Unwissenden und dem Publicum den Beweis von der wenigen Haltbarkeit solcher Bogenbrücken geben. Alles dieses ist actenmäfsig; und dafs der Ingenieur Kein und der Brückenmeister Rief das Abtragen der Brücke, während meiner Abwesenheit, verhindert haben, indem sie sich standhaft weigerten, dasselbe auszuführen.

Die genauesten Localuntersuchungen und Ausmessungen, welche gleichfalls aktenmäfsig sind, haben bewiesen, dafs die beyden Widerlager und die Stützsäulen dieser Brücke um keine Linie von ihrem verticalen Stande gewichen sind. Auch war ein Weichen der Widerlager bey ihrer Stärke von 22 Schuh unmöglich. Ferner hatten die den Chausseedamm haltenden Balkenwände *d'* und 7. F. 2. T. 108., nach meiner Rückkunft aus Westphalen, die nämliche Stellung, welche ihnen bey der Anlage der Brücke gegeben worden war. Uebrigens sieht jeder, der die Construction dieser Brücke studirt, sehr leicht ein, dafs nicht die in die Widerlager hineingehenden Rippen *d* Fig. 2., sondern die untern Rippen, welche sich an das 22 Fufs dicke Widerlager stützen, die Spannung des Brückenkörpers ausmachen und ihn tragen; ja, dafs diese Rippen *d* blos wegen Verhinderung der Seitenausbiegung der Brücke angebracht sind. Es wäre daher ganz gleichgültig gewesen, wenn auch dieselben sich nicht an die Balkenwand *d'* und 7 fest angestützt hätten, welches jedoch nicht der Fall war; denn sie sind stets dergestalt daran gestemmt gaweseu, dafs auch nicht der geringste Zwischenraum statt fand, und man keinen Keil eintreiben konnte. Auch war die Stützschwelle, worin der Bogen *d* eingelassen ist, an die Pfähle *1*, und an eine $4\frac{1}{2}$ Schuh dicke Mauer Fig. 2. gelehnt, die nicht um eine Linie verschoben war. Selbst die Roll-Lagen des Mauerwerks lagen vollkommen, wie sie gelegt waren; ja, es wurden gegen diese Mauer vier Schraubgeschirre angestemmt, um die drey Bogen-Rippen der linkseitigen Oeffnung zu heben, und dennoch verrückten sich weder die Pfähle *1*, noch das dahinter stehende Mauerwerk.

Dieses sind die Facta, welche ich durch die Ingenieurs Barraga, Panzer und Kein, den 3. December 1808 erheben liefs, und die alle aktenmäfsig sind. Wäre ich nicht in Westphalen gewesen, so würde ich Sr. Majestät dem Könige bey dieser Brücke drey tausend fünfhundert Gulden erspart haben, die in meiner Abwesenheit vergeblich verwendet wurden. Man hatte nämlich beyde Oeffnungen mit Gerüstjochen versehen, selbst, lächerlich genug, die rechtseitige, wiewohl die Senkung nur $3\frac{1}{2}$ Zoll betrug, und die ursprüngliche Bogenlinie äufserst unmerklich verrückt war. Es wurden in meiner Abwesenheit in dem linkseitigen Bogen acht bis zur dritten

Schwelle reichende, also sehr flach liegende Streben, *die den Bögen ihre Bogenspannung benahmen*, und nichts zu ihrer Tragkraft beytrugen, folglich äufserst nachtheilig waren, angebracht, und mit Schrauben an die Bögen selbst angehängt. Hinter der Balkenwand *d'* ist aber eine Mauer aufgeführt. Auf diese Weise war die Construction der Brücke, die man nicht zu verstehen fähig war, verdorben. Ich liefs nun alle diese so zweckwidrig an die wesentlichsten Theile der Brücke *angehängten* Streben fortnehmen, und die Reinheit der Construction herstellen, die alten Schrauben vollkommen anziehen, und die Schiftungen aufs sorgfältigste auskeilen. Zu diesen Anordnungen fügte ich das Einziehen der beyden ersten kleinen Schrauben, die an Mittelschrauben zunächst sind, hinzu, weil mehrere Schiftungen nicht ausgekeilt worden waren, wiewohl ich die Auskeilung mehrmals angeordnet hatte, die sich also getrennt hatten. Um diese Schiftungen zusammen zu ziehen, und den linkseitigen Bogen wieder seine ursprüngliche Form zu geben, dazu hätte es weiter nichts bedurft, als zweyer Gerüstjoche und acht Schraubensätze darauf. Nach der Aufschraubung hätte man die Auskeilung und Anziehung der Schrauben vorgenommen; jene zwo Schrauben noch einziehen mögen, und alles wäre vollendet gewesen, wie ich dies durch die Wegnahme der in meiner Abwesenheit angebrachten Hölzer bewiesen habe. Der rechtseitige Bogen konnte seine Lage behalten, weil er seine Form nicht verloren, sondern sich nur drey Zoll gesetzt hatte. Auch ist es ja jedem Baukundigen bekannt, dafs sich ohne Ausnahme alle Gewölbe setzen. Um wie viel weniger kann man sich also darüber wundern, wenn hölzerne Bögen sich setzen, *während die Anziehung der Schrauben, die Auskeilung der Schiftungen, und die gleichförmige Erhöhungen von den Umgebungen des Joches versäumt war!* Doch diejenigen, welche mir Verdrufs zubereiten wollten, werden sich für sich selbst zu schämen Ursache haben, da die Brücke ohne ihre zweckwidrigen Anordnungen die schwersten Fuhrwerke trug, während man keine Bewegung oder Oscillation in ihren Theilen verspürte.

§. 104. Alle diese meine Anstrengungen, alle Sorgfalt und die Anwendung bedeutender Summen und vieler Arbeit, sind in einer Stunde in Flammen aufgegangen, denn auf militärischen Befehl ist diese Brücke am 15. April 1809 angezündet und verbrannt worden! Es ist anmerkenswerth, dafs der Kern der Jochpfähle bis 3 Schuh über den niedrigsten Wasserstand gänzlich ausgebrannt war, dafs die Füllmasse des Joches mit den verkohlten Pfählen stehen blieb, und dafs selbst die Kiesel, womit die Pfahlräume gefüllt waren, zu Kalk brannten, und viele Tufsteine der Widerlager verbrannten. Das Feuer wurde absichtlich in der Nähe des Joches gelegt, wiewohl jeder Ingenieur einsieht, dafs *eine* Oeffnung von 159 Schuh, die *ein* Bogen mifst, hinreichend gewesen wäre, dem Feind an *dieser Stelle des Flusses*, der damals an vielen Stellen durchwadet werden konnte, den Uebergang zu erschweren, und dafs man die Brücke in wenigen Stunden so weit hätte abtragen können, um diese Absicht zu erreichen.

§. 105. Da die Wiedererbauung einer Brücke vom Bedürfnifs in Anspruch genommen wurde, so verordnete *seine Majestät der König*, dafs hier abermals eine Bogenbrücke errichtet werden sollte. Ich wählte dazu nur mit einigen geringen Abänderungen die vorher beschriebene Construction. Ihr Bau wurde am 1. März 1810 angefangen, am 8. Juny wurden beyde Bogen ausgerüstet, und Ende July wurde sie vollendet. Da man alles Eisen von der alten Brücke rettete, die Bögen auf eine Flufsrüstung T. 131. F. 14. construirte, folglich die Abbindung ihrer Theile auf dem Lande unterliefs, so wurde sie mit der Summe von 9336 fl. erbaut. Ich will ihre Zusammensetzung und Erbauung ganz in der Kürze beschreiben. Da die ganze Brücke abgebrannt worden war, so blieb von den Jochpfählen nichts übrig, als der mit einem Faschinenbau bedeckte Theil; auch die Widerlager waren bis auf ihre Sohle ausgebrannt. Da ich diese Brücke der vorigen ähnlich construiren wollte, um die Ueberzeugung zu geben, dafs die Construction derselben zweckmäfsig entworfen worden war, so wurden 1) nachdem zehn Jochpfähle vertical zwischen den Pfahlrosten des alten Joches und auf jeder Seite zwey Schrägpfähle eingerammt waren, die aus 5 Jochen 1, 2, 3, 4, 5, Fig. 14. Tab. 131. bestehende Rüstung in jeder Bogenöffnung geschlagen. 2) Auf jeder Seite des Joches und am Anfange der Widerlager wurden drey Stützsäulen *a* für die sechs Rippen gesetzt, und 13 Verbindungsschwellen *b b* gelegt waren, wurden in jedem Bogen drey Rippen (aus drey Curven übereinander bestehend) dergestalt über diese Rüstung, mittelst Hebel, gekrümmt, so dafs diese Rippen 13½ Fufs zu ihrer Bogenhöhe erhielten. 3) Als dieses bewerkstelligt, wurden, gleich wie bey der ersten Brücke, in den Schenkeln der Bögen, zwey Curven über einander, über zwey Querschwellen, die auf die untern Curven lagen, gelegt, und dergestalt gekrümmt, so dafs sie an die am Ende des Widerlagers stehenden Stützschwelle sich anlehnten, noch zwey Balken übereinander wurden darüber gelegt, welche sich an die alte Pfahlwand stützten. 4) Die hinter diese Pfahlwand gelegte Mauer wurde bis zum Schlufsbalken hinauf erhöhet, indem die besagte Pfahlwand oberhalb, so wie die Balkenwand ganz verbrannt war. Bis zum May 1810 war die Arbeit bey dieser Brücke so weit vorgerückt, als es F. 14. T. 131. zeigt. Zwischen ihren Schwellenfeldern wurden 16 paar Windruthen, in jedem Bogen, angebracht. Am 1. März 1810 ist, wie gesagt, der Bau dieser zweyten Brücke angefangen, am 8. Juny ausgerüstet, und Ende July beendigt. Die Curven haben eine Stärke von 11½ à 14 Zoll, sie wurden mit Hebel oder der Wagenwinde gebogen, und haben auf 51 Fufs Länge, 15″ 2‴, auf 56 Schuh Länge, 18″ 4‴ Biegungshöhe erhalten. Ein Gerüstpfahl wurde mit dem grofsen Hebel, während drey Minuten, abgesprengt. Der Bau beyder Brücken ist von dem Bauingenieur Rief geführt worden.

Beschreibung der bey Augsburg über den Lechfluſs in Baiern, in der Mitte 1807 angefangenen und Anfangs 1808 vollendeten Bogenbrücke Tab. 110., 111. u. 112.

§. 106. Ohnweit des sogenannten Hochzolls, eine halbe Stunde von Augsburg, war über den *Lech*, im Jahre 1794, eine aus eilf Jochen bestehende Brücke, erbauet, von welcher zehn in Fig. 12. Tab. 110. dargestellt sind *). Bereits im Januar 1806 war dieselbe so baufällig, daſs 3386 fl. für Materialien angewiesen werden muſsten. Ich zögerte mit Verwendung derselben, aus der Ursache, weil die Erbauung einer neuen Brücke, von dem morschen Zustande der alten dringend in Anspruch genommen wurde; daher jene Summe für Reparation vergebens verwendet gewesen wäre. Der Fond zu diesem Bau war hinreichend vorhanden, weil das Einkommen der Brückengelder jährlich 3500 bis 4000 fl. abwarf, das erst seit einigen Jahren abgeschafft ist!

Der Lechfluſs ist ein Bergstrom, dessen Hochgewässer in dieser Gegend 10′ in der Secunde zurücklegen, und die ganze Baumstämme mit ihren Wurzeln fortführen. Er erheischte also groſse Brücken-Oeffnungen. Nach der hydrometrischen Profilbreite des Flusses gab ich der Bogenbrücke drey Oeffnungen, jede zu 118 Schuh. Die Breite der Brücke bestimmte ich nach dem Bedürfnisse des Fuhrwerks, zu 26′ 2″. Am 10. May 1808 hatte ich meinen Entwurf zu der Bogenbrücke vollendet. Von allen Brücken des Königreiches wird keine mit so vielem schweren Fuhrwerk befahren, als diese, und ich verstärkte daher ihre einzelnen Theile mehr, als die Theile der Brücke von Freysing und Neuötting. Die Höhe der 118′ weiten Bögen bestimmte ich zu 11 Schuh. Jeder Bogen erhielt drey Rippen *A*, *B*, *C* Fig. 4. u. 5. Tab. 110. In der Mitte bestand jede Rippe aus drey, und am Anfang aus fünf Curven von 14 bis 15″ Zoll Höhe und 13″ Breite, die mit 13 Schrauben zusammengezogen wurden, von denen die gröſsten zwey und die kleinern 1½ Zoll im Durchmesser haben. Die zwey Seitenbögen wurden 13′ in die Widerlager, zur Verhinderung der Ausbiegung, eingeschlossen, wovon drey Curven in eine eichene Stützschwelle eingelassen sind, die vierte Curve stützt sich zum Theil und die fünfte ganz an eine Balkenwand *D*. An der vordern Seite der Widerlager wurden die drey Rippen zwischen sechs Bundhölzer eingeschlossen, durch welche sowohl als durch die Bogenhölzer und durch die Stützschwelle eine zwey Zoll starke Schraube, die zugleich zur Befestigung des Geländers diente, durchgezogen ward. Eine zweyte Schraube geht durch eben diese Curven und die *Stützschwelle* selbst. Jedes Widerlager wurde auf 124 achtzehn bis 22′ langen fichtenen Grundpfählen, die man mit 7 bis 12 Centner schweren Rammklötzen bis zum Stehn einrammte, gegründet. Deren Pfahlräume sind, oberhalb dem festen Boden, mit Ziegelgraus, Kies und lebendigem Kalch aus-

*) Ihre Streben, welche sich noch an jeder Seite an eine unter die Straſsenträger durchgehende Schwelle anstützten, lieſs ich, als diese Jochbrücke der Bogenbrücke zur Rüstung dienen sollte, wegnehmen.

gefüllt. Auf diesen Pfahlrost wurde ein eichener Schwellrost Fig. 10. gelegt, und das Mauerwerk von Ziegeln, Tufsteinen und einer Ausfüllung von Kiesel, Kalch und Mörtel so aufgeführt, wie es F. 2. 5. u. 10. zeigen. Ich mufs hiebey bemerken, dafs in der Mitte des linkseitigen Widerlagers ein unter den Ruinen einer Kirche gefundener Sarcophage, dessen Basrelief zwey Genien darstellt, eingemauert ist; seine Länge beträgt sieben Schuh und die Höhe 3 Fufs. Wir sehen diesen Stein auf Fig. 5. angedeutet, welche den Aufrifs vor der Widerlagkammer und den Stand der Grundpfähle darstellt.

Die Joche bestehen aus dreyzehn kiefernen 18″ Zoll starken Stützpfählen, die mit einem zwölf Centner schweren Rammklotz 14 bis 15′, bis zum Stehn, in den festen Grund eingerammt, und überdies 6′ hoch mit einem Faschinenbau umgeben sind (Fig. 2. und 4.). Die Pfahlräume beyder Joche sind, bis zur Kronschwelle, mit Ziegelgraus, Kiesel und Cementmörtel; zuletzt mit frisch gelöschtem Kalch, der in die kleinsten Zwischenräume einflofs, gefüllt, wie ich dies bey der Oettinger Brücke erwähnte. Bey den Jochen sind die Curven in dem Fig. 7. und 9. dargestellten, aus Eichenholz bestehenden Kerbstock eingesetzt; zwischen zwey Seitenstücke der Stützsäule, wovon der Kerbstock einen Theil ausmacht, mittelst Schrauben *i* und *b* F. 8. eingeschlossen. Dieser Kerbstock hat eben so viel Kerben oder Zahnschnitte 1. 2. 3. 4. 5. Fig. 9. als die Rippe Curven enthält. Die Stützsäule nämlich besteht aus drey Theilen, 1) aus dem Kerbstock, dessen vordere Ansicht in Fig. 7. *c f* angedeutet ist, 2) und 3) aus den beyden Seitenstücken Fig. 9., die diesen Kerbstock einschliefsen, und die oberhalb demselben zusammenstofsen, bey *d* aber Einschnitte haben, durch welche die Schlufsbalken 6., 7. Fig. 3. gehen. Dieser Kerbstock hat in seinen zwey Seiten, sowohl oben bey *c* als unten bey *f*, zwey Einschnitte, worin zwey in die Seitenstücke ausgehauene Zapfen 5. und *f* Fig. 9. passen. Er lehnt sich an den dünnern Theil der Seitenstücke, den wir bey *ff* als lichter angezeigt sehen. Wie aber derselbe in diesen Seitenstücken steht, sieht man in dem in F. 9. links stehenden Profil. Auf diese Weise ist der Kerbstock, durch welchen, unterhalb der ersten vertical stehenden Einkerbung, eine Schraube *i* und *i* F. 8. geht, so genau als möglich, in die Seitenstücke der Stützsäule eingeschlossen, wodurch also der feste Stand der Bögen befördert wird. Die Seitenstücke der Stützsäulen sind aber nicht nur mit der untern Schraube *i*, sondern auch durch eine zweyte gegen *b* stehende, die zwischen dem Schlufsbalken uud dem Kerbstock angebracht ist, zusammengezogen.

Der verticale und horizontale feste Stand der Stützsäulen wurde folgendermafsen bewirkt: 1) Jede Stützsäule der drey Rippen F. 8. ruht auf einer *Gurtschwelle g g*, wovon die zwey gegenüberstehenden, mittelst 1 ½ Zoll starken Schrauben *g*, zusammengezogen sind. Diese eichenen Schwellen liegen auf drey Pfahlringen *h* F. 8. u. 13., die in eben so vielen Jochpfählen (F. 4.) eingelassen sind und deren Gewicht 185 Pf.

betrug. Ihre Form ist bey der Oettinger Brücke beschrieben. Zwey gegenüber stehende Stützsäulen sind mit einer durch einen Jochpfahl gehenden 2 Zoll starken Schraube *a* F. 8. dergestalt zusammengezogen, daſs sie ihren verticalen Stand nicht verlieren können, daher auch die Abweichung der mittlern drey Rippen, von der Verticalfläche durchaus verhindert wird.

§. 107. Die drey Rippen eines jeden Bogens wurden unter sich auf folgende Weise verbunden: 1) durch die unter den Bögen liegende (F. 2. u. 3.) Schluſs- oder Mittlere - Verbindungs - Schwelle mit der auf die dritte Curve in der Mitte unter dem Schluſsbalken liegende Schwelle, so wie durch acht andere Verbindungs-Schwellen und durch die oben schon angeführten, vor den Widerlagern angebrachten fünf Bundhölzer, ferner mit denen durch diese Hölzer und die Curven zugleich durchgehenden zwey Zoll starken Schrauben, welche brechen müſsten, wenn der Stand der drey Rippen unter sich verrückt werden sollte. 2) Da die sechs in Fig. 10. gezeichneten Schwellfelder eines jeden Bogens von Mittel zu Mittel 19′ 3″ bis 20 Fuſs entfernt sind, so habe ich die Spannung des Brückenkörpers, d. i., seine Steifigkeit, also auch die Stabilität der drey Rippen durch die in jedem Schwellenfelde angebrachten Kreutzstreben bewirkt. Sie sind an Stützklötze *p*, welche auf die Schwellen stehen, angetrieben. 3) Von diesen Streben sind die zunächst den Jochen und den Widerlagern *k p* (F. 3.) aus doppelten und verzahnten Hölzern verfertigt, um ihre Stützkraft zu verstärken, mithin die Schwingung der Bögen zu vermindern. 4) Wird die Stabilität der Brücke, mithin die Verbindung der Rippen unter sich, von den oberhalb angebrachten Windruthen *r r* F. 3. 4. und 10. bewirkt, so daſs also durch diese und den angeführten Hölzerverbindungen, die Füllung der Joche, der Befestigung aller Stützsäulen an dieselben und durch die angebrachten Schrauben, weder eine Ausbiegung nach der Seite noch eine nachtheilige Schwingung der Brücke selbst, statt finden kann.

Um die Spannung der Brücke zwischen den Hauptstützpuncten, d. i., zwischen den Widerlagern zu vermehren, ist hinter der Balkenwand D (F. 11ᵃ) eine Pfahlreihe E geschlagen und hinter dieser abermals kleine Pfähle, worauf die Deckschwelle oder Zolbe F eingezapft ist.

Die Balken- oder *Stützwand* D wurde mit in F. 5. angedeuteten Zahnschnitten versehen, damit ihre Balken desto fester auf einander liegen, um den Druck der Damm-Masse zu widerstehen. Deswegen wurde auch auf ihrem Hirnholz eine vier Zoll dicke Planke (zu beyden Seiten) aufgenagelt.

§. 108. Zur Conservation der Brücke sind 1) alle Jochpfähle von oben bis einen Schuh unter dem niedrigsten Wasserstand, mit Schiffstheer angestrichen, so wie die Hölzer aller Art. Der obere Jochpfahl der zwey Joche, wurde unten mit einer Eisschiene und oben mit einem Mantel von Eichenholz bedeckt, welcher ebenfalls betheert ist. Auch dieser Jochpfahl ist noch mit einem aus zwey Planken be-

stehenden Mantel versehen. 2) Sind die Kreutzstreben und Windruthen mit kleinen Bretterdächern versehen und betheert. 3) Bestehn die Strafsenträger aus zwey Hölzern Fig. IV., wovon das obere abgekantet, damit das etwa durch den Brückenweg dringende Wasser davon abfliefst. 4) Die Einkerbungen der Stützsäulen, so wie alle Verzapfungen sind mit siedendem Leinöl ausgegossen worden. 5) Die Strafsenträger sind mit einer doppelten drey Zoll starken Plankendecke dergestalt belegt, dafs die obere Planke die Fuge zweyer darunter liegenden genau bedeckt. Ueber diese Plankendecke ist an jeder Seite ein 10″ starker Balken (Fufsbaum) gelegt, der sowohl auf diese Deckplanken, als an die Geländersäulen, mittelst grofser Nägel, angetrieben ist. Von dieser Einfassung des Brückenwegs ist seitwärts eine doppelte Bedachung über die Schlufsbalken 6. 7. Fig. 4. gelegt, um den Schlagregen nicht nur von demselben, sondern auch von den Stützsäulen und den Bogen-Rippen abzuhalten. 6) Sind diese mit doppelten Verschaalungen versehen, welche zweymal mit Oelfarbe angestrichen wurden. Wie diese Brücke sich dem Auge darstellt, ist in der auf der III. Kupfertafel, gezeichneten perspectivischen Ansicht, sichtbar.

§. 109. Die Baugeschichte dieser Brücke, oder die Art und Weise, wie die Arbeiten auf einander gefolgt sind, will ich so kurz als möglich darstellen. Anfangs Juny 1807 wurde die Stuhl-Rüstung des Werkplatzes (F. 1. 2. T. III.) auf einer Wiese dergestalt gelegt, dafs jeder Bogen sieben Unterstüzungs- oder Krümmungspuncte erhielt, die nach der Bogenlinie des gezeichneten Entwurfes und einer auf dem Werkplatz angenommenen Horizontallinie abgesteckt waren. 2) Jetzt wurden die Stützschwellen *b c*, die Bundhölzer *b* gelegt, und der Kerbstock *n* der Stützsäulen aufgerichtet. 3) Die untersten drey Curven einer jeden Rippe, welche die erste Lage ausmachen, wurden mittelst einer um das Gerüste und das zu krümmende Holz geschlungene Kette *d* (F. 2.) und einer Fufswinde *p* (F. 3.) nach der Bogenlinie gekrümmt, nachdem an den zwey äufsersten Curven, sowohl vor den Stützsäulen, als vor der äufsern Schwelle, zwey Planken *o* (F. 2.), als Zugstützen, an jeder Seite einer Rippe angenagelt waren. Diese Zugstützen hielten nämlich die beyden Anfänge des Bogens abwärts (d. i. auf dem niedrigsten Widerlagspuncte) weil bey *l* unter dem Gerüstholze, ein Riegel durchgesteckt ward. Die Last des auf diesem Riegel anstofsenden Gerüstes, hielt daher, vermittelst der Zugstütze, die untere Curve auf ihrem Unterlager *b* fest. 4) An den Anfängen der Bögen waren zwey Schrägstützen hinter der Stützwand *a* angebracht, damit der Werksatz nicht seitwärts weichen konnte. 5) War nun vermittelst der Zugwinde und Kette *d* eine obere Bogen-Curve gekrümmt, so wurde dieselbe mit der untern durch eiserne Klammern und hölzernen Zwingen *m* zusammengehalten, die Schwellen jedesmal auf ihre Stelle eingezogen und die eichenen Schlufskeile eingetrieben. 6) Nachdem die Curven, auf diese Weise, aufeinander gebogen waren, schnitt man dieselben nach den Kerben der Stützsäulen ein, und fügte sie in die Kerbstöcke selbst. 7) Sie wurden vermittelst eines vertical stehenden He-

bebaumes *l*, dessen oberer Theil sich dreht, mit Flaschenzügen in die Höhe gezogen, wie dies F. I. und II. T. III. darstellen.

Da diese beyden Zeichnungen, so wie die dritte den Grundrifs des Werkplatzes darstellend, eine umständliche Erläuterung über die Verfertigung des Werksatzes selbst unnöthig macht, so bemerke ich nur noch, dafs die Abbindung von allen drey Bögen in zehn Wochen bewerkstelliget wurde, während man zugleich den Pfahlgrund des rechtseitigen Widerlagers rammte, und dieses bis zur Kammer aufmauerte. Am 4. September hatte dieses Mauerwerk die Höhe von vier Fufs erreicht; den 5. wurde die Einrammung des Pfahlgrundes vom linkseitigen Widerlager angefangen, und am 26. Oktober legte man dessen Schwellrost. Mit diesen Arbeiten zugleich wurde dem Strom vermittelst Faschinenbauwerken ein bestimmtes Ufer gegeben. Werke, die anfangs Septembers, bis vor den Widerlagern hinab, aufgeführt waren.

Die öftern Hochgewässer hatten die Einrammung der Joche verhindert, und erst am 1. November konnte diese Arbeit bey dem rechtseitigen Joche *B* F. 12. T. 110., welches in eilf Tagen eingerammt wurde, angefangen werden. Der Rammklotz wog 12 Centner, wobey 56 bis 60 Mann gebraucht wurden; siehe T. 112. Fig. V. Folgende Resultate der Einrammung will ich zur Erweiterung der Erfahrung mittheilen.

Resultate

des Einrammens der Jochpfähle von der Augsburger-Lechbrücke. (Tab. 110.)

Der eiserne Rammklotz wog 12 Centner. Die Pfähle waren 18 bis 20″ stark, nämlich 3 Schuh von ihrem Kopfe entfernt.

Pfähle des rechtseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl steht in dem festen Grunde			Der Pfahl rückte in der letzten Hitze
		Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.	Lin.
I	80	83	7	2400	62	16	1	10	1
II	53	53	14	1522	60½	13	4	11	2
III	59	57	35	1771	63½	15	1	6½	1
IV	60	59	39	1791	59	14	—	1	1
V	55	58	31	1786	60	12	7	1	0
VI	48	46	15	1421	61	12	8	8	0
VII	60	59	54	1872	60⅔	12	2	9	0
VIII	88	83	55	2638	65⅓	11	10	8	3
IX	90	87	55	2737	60½	13	5	9	4
X	60	57	56	1724	64½	12	11	8	6
XI	59	59	21	1778	68¼	12	1	7	0
XII	61	58	52	1829	70½	11	9	9	1
XIII	82	80	25	2433	62	13	1	2	1

Pfähle des linkseitigen Joches.

Bezeichnung des eingerammten Pfahls.	Anzahl der Hitzen.	Zeit, die zum eigentlichen Rammen gebraucht wurde.		Anzahl der Schläge.	Mittlere Fallhöhe des Rammklotzes	Der Pfahl steht in dem festen Grunde			Der Pfahl rückte in der letzten Hitze
		Min.	Sek.		Zoll	Sch.	Zoll	Lin.	Lin.
I	39	38	17	1157	68¾	14	9	2	2
II	69	50	2	1986	68	16	2	6	2
III	61	61	41	1854	65	12	8	11	1
IV	85	85	49	2545	69	13	2	8	1
V	61	107	57	1988	66	9	2	—	2
VI	96	97	9	2932	68	12	9	9	5
VII	106	103	52	3167	69	12	1	4	2
VIII	46	44	53	1370	67¾	13	6	1	3
IX	48	48	—	1440	67½	11	9	1	1
X	57	56	24	1698	66	11	7	6	1
XI	47	48	1	1444	71	12	—	6	2
XII	57	57	17	1726	69	12	7	3	1
XIII	54	53	52	1622	66	12	5	6	0

Diese Rammarbeiten wurden am 1. November 1807 angefangen, und am 24. beendigt, so daſs im Ganzen 199 Stunden zum Einrammen beyder Joche verwendet wurden. Wird hievon die zum Rammen und Ausruhen verwendete Zeit, abgezogen: so erhält man 114 Stunden 23 Minuten für die Rammarbeiten. Bey jedem Pfahl sind also in allem verwendet 7 Stunden 40 Minuten, wovon auf die Stellungen des Pfahls und der Ramm-Maschine 4 Stunden und 24 Minuten kommen. Die Anzahl der Hitzen betrug 1687, jede Hitze im Mittel zu 30 Sbhlägen; und die Anzahl der Schläge 50631. Es wurden im Durchschnitt 60 Mann gebraucht. Der tägliche Lohn zu 40 kr. giebt die Ausgabe für einen Pfahl zu 30 fl. Die Hitze kostete daher 28 kr., worunter die Stellung des Pfahls, so wie der Ramm-Maschine und aller übrigen Arbeiten die Beziehung auf das Ramm-Manöver haben, begriffen sind. Die mittlere Fallhöhe des Rammklotzes betrug 65 Zoll.

§. 110. Gleich nach Vollendung des rechtseitigen Joches B F. 4. T. 112., dessen Pfahlköpfe in die Kronschwelle 1, 2 eingelassen wurden, befestigte man daran die drey eisernen Tragringe *h* F. 8. T. 110.; legte auf dieselbe zwey Traggurte *g g* Fig. 4. und zog diese mit vier Schrauben *g g* zusammen. Dann nagelte man an beyden Seiten der Jochpfähle die Verschaalung an.

Jetzt wurden die Joche der alten Brücke (F. 5. T. 112.) dergestalt abgeschnitten, daſs sie mit einigen Gerüsthölzern darüber drey Hauptunterlagpuncte für die Rippen bildeten. Diese wurden correspondirend mit der Stützschwelle, der zwey Traggurten, nach der Lage im Werksatz, abgewogen und bestimmt. Da die neue Brücke um fünf Schuhe breiter als die alte erbauet wurde, so muſste vor den alten Jochen ein Gerüstpfahl *l l* F. 4. T. 112. eingerammt werden. Jetzt ward das Gerüst so etablirt, wie es in dieser perspectivischen Zeichnung und in Fig. 3. Tab. 110. so deutlich dargestellt ist, daſs jede Beschreibung für den aufmerksamen Leser unnütz wird. Zur Ersparung zweyer Gerüstjoche in jeder Oeffnung wurden die Gerüstschwellen *m m* Fig. 3. Tab. 110. an die zuvor durch die Curven eingelassenen Verbindungs-Schwellen, mittelst einer Kette angehangen, worauf wieder Gerüstklötze 2. gelegt wurden.

So wie nun die Curvenhölzer, vermöge der Elasticität, bey einer Krümmung von 15 bis 18″, sieben bis 8″ zurücksprangen, nachdem sie vom Werksatze genommen waren, worauf sie 2 bis 3 Monate eingezwängt gewesen, wurden sie auf genau horizontal und nach der Bogenform gelegte Schwellen gebracht, und mittelst Ketten und Zugwinden F. 5. T. 112. in ihre Bogenform zurückgebogen. Dann wurden die Schluſskeile *x* eingeschlagen. Damit die Stützsäulen und die Enden eines jeden Bogens unverrückt in ihrer Lage bleiben muſsten, ließ man unter jeden Anfang des Bogens drey Pfähle i F. 3. T. 110. einrammen, legte längs denselben einen Gurt, umschlang diesen sowohl als den Pfahl selbst und die Bögen mit einer Kette *s*, *k*, *i*. Auf diese Weise waren die Bögen bis zum 27. December, aufgerichtet.

Nach Legung des Schlufsbalkens zog man die Schrauben, die Kreutzstreben und dann die Windruthen, nachdem vorher die Spannklötze *p*, *p* gesetzt waren, an. Zwischen den Stützsäulen und den Jochen wurden die eichenen, über ein gelindes Feuer gerösteten, zum deutlichsten in Fig. 8. dargestellten Keile eingetrieben; die Pfahlräume bey den Jochen mit Ziegelgraus, Kiesel, Cement und frisch gelöschtem Kalch gefüllt. Jetzt ward die Ausrüstung begonnen, und am 11. Januar 1808 stand der rechtseitige, am 13. der linkseitige, am 15. der mittlere Bogen ganz frey.

§. 111. Der kalten Witterung wegen mufste das Mauerwerk bey den Widerlagern bis zum 17. Februar ausgesetzt bleiben, das dann am 2. Juny vollendet ward. Am 6. März sollte die Brücke, welche 36000 fl. gekostet hat, befahren worden seyn, wenn nicht die gänzliche Aufführung der Chaussee-Dämme viel Schreiberey verursacht hätte. Sie ist im May vor sich gegangen. Der erste Frachtwagen war so grofs, wie man vielleicht niemals einen aus Augsburg gefahren hatte. Achtzehn starke Pferde zogen denselben mit Anstrengung auf die ebene Chausse fort. Ueber tausend Menschen aus Augsburg standen auf der Brücke, und ich hatte dem Bauinspector aufgetragen, jedem Fuhrmann zu erlauben: über diese Brücke in vollem Trabe zu fahren. Kaum hatten also die vordern Pferde die Brücke betreten, so liefsen diejenigen, welche so weit in ihrem Hasse und ihrer Dummheit giengen, indem sie hofften, dieser Lastwagen werde der Brücke schädlich seyn, den Fuhrleuten zurufen: *Trott, Trott!* Es wurde von vielen Seiten auf die Pferde geschlagen, der Lastwagen so im stärksten Trabe über die Brücke gesprengt, ohne dafs die darauf stehende Volksmenge die geringste Erschütterung verspürte. Von dieser Zeit an mufste selbst der böseste Leumund schweigen. Es sind die Artillerie-Trains und täglich viele hundert Wägen, selbst Kavallerie-Regimenter in vollem Trott die Brücke passirt, ohne dafs sie den geringsten Nachtheil erfahren hätte, oder eine Schwingung ihrer Theile erfolgt wäre. Der jetzige Bauinspector *Gerold* hat die specielle Leitung dieses Baues, als Bau-Ingenieur, geführt.

§. 112. Diese Bogenbrücke hatte bis zum Jahre 1813 allen Einwirkungen eines aufserordentlichen und muthwilligen Gebrauches widerstanden, denn die schwersten Lastwägen, die Kavallerie und das Geschütz der französischen Armee wurde im Trott darüber gesprengt. Kein Wunder, wenn sich endlich der linkseitige Bogen einen Schuh, und der rechtseitige Bogen 18 Zoll, gegen die Widerlager zu, in ihrem schwächsten Puncte, senkten.

§. 113. Ferner hatte der Umstand, dafs man zu ihrem unverschieblichen Bau benöthigt gewesen war, das *im Sommer* 1807 gefällte Fichtenholz anzuwenden, zu dieser Senkung beygetragen 2. B. S. 503.; und endlich waren beyde Stützschwellen in den Widerlagern, worin die Curven eingehn, etwas gewichen, welches ohne Zweifel daher rührte, dafs man nicht genau meine Vorschriften befolgte, d. i., dafs man nicht in der Pfahlreihe *e* F. 10. T. 110. nach meiner Vorschrift Pfahl, an Pfahl geschla-

gen hatte. Wegen des Gebrauchs des im Sommer gehauenen Holzes mochte es gekommen seyn, dafs der Schwamm sich an die in die Widerlager eingeschlossenen Curventheile und Schwellen eingefunden hatte. Ich beschlofs daher diese Mängel auf einmal von dieser Brücke zu entfernen, und dieses wurde folgendermaafsen bewerkstelliget. 1) Wurden unter der Hälfte eines jeden Seitenbogens nach den Widerlagern zu, auf gleichen Abständen, unterhalb den Seitenrippen, drey aus 4 Pfählen bestehende Joche, in denen die 4 Pfähle auf drey Schuh Abstand gestellt wurden, eingerammt. Ueber diese Joche wurden der Queere nach zwey Deckschwellen gelegt, worüber man der Länge der Brücke nach Hölzer legte. Auf diese Rüstung wurden Schraubgeschirre, auf welchen man ein vertical stehendes, bis zur Stützschwelle reichendes Holz stellte, angebracht, vermittelst diesen Schraubgeschirren wurden also die Curven bis zu ihrer ursprünglichen Bogenform hinaufgetrieben. 3) War dieses geschehen, so stellte man verticale Stützen unter diese Verbindungs-Schwellen. 4) Weil es nothwendig war, einige beschädigte Stücke aus dem in die Widerlager gehenden Curven, so wie die drey Stützschwellen herauszunehmen, so mufste man die Rippen gegen die Mitte zu treiben und halten. Es wurde daher an die zwey Widerlager, unterhalb jeder Rippe, ein Schraubgeschirr dergestalt schräge angebracht, dafs seine Schraubenmutter gegen eine Stütze anstemmte, welche sich an der ersten Verbindungs-Schwelle endigte, und an diese angeprefst wurde. 5) Jetzt nahm man, nachdem das Mauerwerk aufgebrochen war, die drey Stützschwellen heraus, legte eine Queerschwelle *g* Fig. II. *b* in das Mauerwerk, und über diese eine kurze Stützschwelle, welche vorne 2 Schuh niedriger liegt, als hinten, schnitt die Curven da, wo sie vom Schwamm angefressen waren, ab, fügte neue Holzstücke hinein, und liefs die obern 3 Curven in eine bey D perpendiculär gesetzte Stützsäule ein, welche selbst zwey Schuh in das Mauerwerk hinabreichte. Die untern zwey Curven und die dritte zur Hälfte wurde in die schräg liegende neue Stützschwelle, vermittelst Einkerbung, eingelassen. 6) Um den verticalen Stand dieser Stützsäule zu sichern, wurde vor der Balkenwand eine zweyte Stüzsäule F errichtet, die unten in eine Schwelle eingezapft war. 7) Zwischen beyden Stützsäulen wurden mehrere horizontal liegende keilförmige Holzstücke E nach und nach hinunter getrieben, wodurch die Bögen eine aufserordentliche Spannung erhielten. 8) Nunmehr wurde die unterhalb D mit punktirten Linie angegebene Schraube durch die fünf Curven und die vordere Stützschwelle durchgezogen. 9) Damit die vordere Stützsäulen D auch der Queere des Widerlagers nach, einen ganz unverrückbaren Stand behielten, brachte man an ihrer innern Seite unten, gegen die vordere schräg liegende Stützschwelle ein horizontal gelegtes Holz und unterhalb den Schlufsbalken Hängeklötze an; von einem solchen Klotze bis zu den gegenüber liegenden Holze wurde eine Stützstrebe angebracht, so dafs zwey Paar sich kreuzende Streben entstanden. 10) Von beyden Widerlagern aus wurden jetzt noch zwischen B und O Stützstreben angebracht, welche letztere an einem Stütz-

klotz anstöfst, um die Schlufsbalken nicht zu schwächen, auch von jedem Joche wurde bis zum Schlufsbalken hinauf eine Stützstrebe *H*, an jeder Seite der mittlern Ribbe, eine gestellt und eingezwängt. 11) Alle diese neuen Hölzer bestehen aus trocknen Eichen. 12) Jetzt brachte man die Schraubgeschirre zurück, und nahm die Stützen und Gerüstjoche weg.

Diese Vorkehrungen, welche 1813 ausgeführt wurden sind, während die Brücke immer mit den schwersten Lastwägen befahren wurde, so dafs sie die Passage nicht einen Augenblick sperrten, haben der Brücke noch mehr Stabilität und Dauer verschaft, den Bögen auch ihre ursprüngliche Form gegeben. Sie sind vorzüglich defswegen merkwürdig, weil sie dasjenige Manöver lehren, welches man in dem Falle bey solchen Brücken gebrauchen kann, wenn einige Theile der Curven vom Schwamme angegriffen werden oder in Fäulnifs übergehen, und von gesundem Holze ersetzt werden müssen, welches von den Gegnern der Bogenbrücken für unmöglich gehalten wurde. Ich dieser Hinsicht habe ich es also zu beschreiben für nöthig erachtet.

Beschreibung der bey dem Dorfe Ettringen über den Wertachflufs 180$\frac{8}{9}$ erbauten Bogenbrücke. Tab. 113. Fig. I. bis V. und XXI., und Tab. 114. Fig. I. bis IX.

§. 114. Das oberhalb den Resten einer von einem gewissen Herrn Amann 1806 erbauten und 1807 eingefallenen Brücke liegende Wehr Tab. 114. Fig. I., welches den Flufs durchschneidet, war 1808 zerrissen, und der Strom hatte die ältere, so wie die Ueberbleibsel der eingestürzten Brücke gänzlich umgangen, die zu niedrig liegende Chaussee durchbrochen, und sich einen neuen Lauf, von 141 Fufs Breite, gebahnt. Dieser mufste zuvörderst mit einem Faschinenbau, wovon in Fig. 9., rechts der Brücke, ein Theil sichtbar ist, geschlossen werden, ehe der Bau des rechtseitigen Widerlagers angefangen werden konnte. Bey Bauwerken dieser Art mufs der Ingenieur nicht stets eine und dieselbe Stellung der Bautheile anwenden, sondern so weit es die Grundsätze der Wissenschaft zulassen, abwechseln. Ich machte daher am 15. Oktober 1807 den Entwurf so, dafs dabey Diagonalbögen oder Diagonalrippen *C D* Fig. 5. Tab. 113. angebracht wurden, und die sich gegen den Schlufs *g g* des Bogens mit einer mittlern Rippe *E* vereinigen. Jene halten also zugleich den Bogen in seiner lothrechten Ebene, und dienen als Streben gegen die Wirkung des Windes. Die Weite des Bogens bestimmte ich, nach der hydrometrischen Beschaffenheit des Flusses, zu 144 Fufs; die Bogenhöhe setzte ich zu 8′ fest, und gab ihr, des Sezens wegen, im Werksatze, 9 Fufs Bogenhöhe. Die Breite der Brücke bestimmte ich zu 26 Fufs.

Wir kommen jetzt zur Analyse der Construction und Ausführung dieser Brücke. 1) Die aus drey und vier Curven zusammengesetzten zwey Seitenrippen *A* und *B* Fig. 5. Tab. 113. sowohl als die mittlere Rippe *E* und die Diagonalrippen *C D* gehen

13′ in die Widerlagkammern hinein, und die untere Curve 1 (Fig. 3. Tab. 114.) der Seitenrippen stemmt sich gegen die Grundschwelle 3, folglich auch gegen die Stützschwelle 2, indem sie in einem Kerbstock eingelassen ist, gegen welchen auch die zweyte Curve 7 anstöfst. Sowohl diese als die Curven 5, 6 sind von den zwey Seitenstücken der Stützsäule *y* (Fig. 6. und 9.) eingeschlossen. 2) Da, wo eine aus zwey Curven 9, 10 (F. 3. und 4.) bestehende Diagonalrippe, bey *z*, in einem Kerbstock eingelassen ist, umgiebt sie ein Seitenstück 8 (F. 4.) der Stützsäule 4; deren anderes Seitenstück zugleich den zweyten Kerbstock, worin die oberste Curve 5 der Seitenrippe eingelassen ist, einschliefst. 3) Hinter den zwey Stützsäulen *y y* (F. 5. T. 113. steht eine Stützwand *H H*, welche sich unten (s. Fig. 5. Tab. 114.) an zwey Schwellen *i* und *K* und an sechs der Queere nach gelegten, gleichsam Keile bildenden Holzstücken *m* anlehnt, dann aber von Streben unterstützt ist, die sich an eingerammte Pfähle *p q* anstemmen, wie dies auch in F. 3. T. 114. angegeben ist. 4) Die ersten drey Hölzer *m* (F. 5. T. 113.) gehen von der Stützwand bis zu dem Stützpfahle *n* und bedecken sowohl die Schwelle *k* als die drey Hölzer *i*. Sie korrespondiren mit den drey Stützpfählen *n n n* und mit den Rippen *A E B*. 5) Die Zwischenräume *l*, zwischen den drey Hölzern *m* und dem untern Theil des Widerlagers sowohl als der Theil 16 (F. 3. T. 114.) über die Schwelle *k* und den drey Keilstücken *i*, sind mit einer Mauer 16 bedeckt, welche als Stützpuncte dienen. 6) Damit die 16′ in den festen Grund eingetriebenen Stützpfähle *n* sich nicht umbiegen, so sind noch rückwärts sieben Stützpfähle *p* und *q* (F. 5. T. 113.) eingerammt, von welchen nach den Stützstreben gehende Anker angebracht sind, worüber (um ihre Steifigkeit zu vermehren) eine Queerschwelle *r* angelegt ist. 7) Auf diese Weise hat die Brücke ihre Stützpunkte erhalten. Auch ist die Spann- oder Tragkraft des Bogens dadurch verstärkt worden: dafs zwischen der Stützwand *H* und den vordern Queerschwellen *v* noch Spannschwellen *u* (F. 5. T. 113.) angebracht sind.

8) Die zwey Seitenrippen der mittlern Rippe und die Diagonalrippen sind auf folgende Art zu einem soliden Baukörper verbunden worden, *a*) durch die eilf Verbindungsschwellen *N* (F. 2. T. 114.) als durch die Trag- oder Deckschwellen *o*, und *b*) vermittelst denen dadurch gehenden 1 ½ Zoll starken Schrauben *). Der Bogen kann daher nicht oscilliren; es sey dann, dafs alle seine Schwellen und Curven in Schwingung gebracht werden, welches, der engen Schwellenfelder wegen, nicht statt hat. *c*) Die Dritte Verbindung der Rippen untereinander ist durch den Zusammenhang der vordern Schwelle *v* (F. 2. und 6. T. 113. und 114.) mit den Stützsäulen *y y y*, welche an ihre Vordere Wand anstofsen, bewirkt worden, und endlich sind *d*) die Diagonalrippen und die mittlere Rippe auf folgende Art bey ihrem Schlusse, d. i. bey *e e* (F. 3. T. 113.) verbunden oder gekuppelt worden. Es geht nämlich

*) Die sämmtlichen Schrauben zu dieser Brücke haben mit den Muttern, Scheiben und Schraubenschlüsseln, 4624 Pfund gewogen und kosteten 1310 fl.

von den drey 16″ hohen Curven *c* Fig. 4. T. 133. *) die mittlere Rippe ganz durch, so daſs sie einen fortlaufenden Bogen bildet. Sie ist mit Einschnitten *e e* (Fig. 3.) versehen, an welchen eine Curve der Diagonalrippen *C* und *D* anstöſst, so, daſs auf diese Weise eine vollkommene Stemmung derselben gegen die mittlere Rippe, folglich von einem Stützpunkt *F* bis zum gegenüberstehenden *F* entsteht. Damit aber die Kuppelung der zwei Diagonalrippen und der mittlern Rippe noch von gröſserer Festigkeit und Stabilität sey, so habe ich an den zwey Seiten derer in *c* und *d* (F. 3.) zusammenstoſsenden Bogenrippen die triangulären Hölzer *d d* und Spannstreben *f f* anbringen, solche auf drey Verbindungsschwellen *N N N* legen und mittelst vier 18 Linien starken horizontal liegenden Schrauben zusammenziehn, auch eichene in Oel gesottenen Schluſskeile durch diese Hölzer eintreiben lassen. 10) Ueber diese so zusammenverbundene erste Lage der *Kuppelung c* liegt nun eine zweyte derselben ähnliche, die wir in F. 4. und 5. und T. 113. sehen. Der Unterschied beyder Lagen besteht aber darin, daſs die Diagonalrippen sowohl als die zwey Curven der mittlern Rippe im Schluſs oder unter der mittlern Deckschwelle, die das Aufspringen dieser zwey Curven verhindert, zusammenstossen. Auch diese Lage ist mit vier horizontalliegenden Schrauben *g* zusammengehalten. Das dritte Holz *i* Fig. 4. der mittlern Rippe deckt die zwey Stoſsfugen *c* und *d* Fig. 3. der zweyten Curve in den Diagonalrippen, so wie die Stoſsfuge der zweyten Curve der mittlern Rippe *v* Fig. 4. vollkommen. Damit aber die Rippen in ihrem Schlusse nicht aufwärts nachgeben können, sind, durch die zwey Deckschwellen, zwey 18 Linien starke Schrauben *h k* (F. 5. T. 113.) die auch in F. 5. T. 114. sichtbar sind, angebracht. Diese Kuppelung wird der Ingenieur vollkommen begreifen, wenn derselbe die III. IV. und V. Figur Tab. 113., so wie Fig. V. T. 114. untereinander vergleicht, und diese Erklärung liest. 11) Zur Erhaltung dieser Kuppelung, die ich anfangs im Groſsen zeichnete, und dann modelliren lieſs, ordnete ich noch folgendes an. Nachdem alle Hölzer dieser Brücke, wovon die gekrümmten nahe an 4600 Cubikfuſs betragen, mit heissem Schiffstheer überstrichen waren, lieſs ich Sacklinnen in Oel tauchen, dasselbe auf die Kuppelung kleben, F. V. T. 114. und in die Fugen, welche von der dritten Curve *i* der mittlern Rippe und den Seitenhölzern gebildet werden, eindrücken, so daſs also nicht eine einzige Fuge unbedeckt ist. Endlich wurde eine Bretterverdachung *x k g* (F. 5. T. 114.) über diesen Bogenschluſs gemacht, welche mit getheerten Sacklinnen überzogen wurde.

12) Die Endpunkte des Bogens haben nun durch die Widerlager einen vollkommenen sichern Stand erhalten, deren Grundpfähle (Fig. 2. u. 7. T. 114.) sind mit einem 12 Centner schweren Rammklotze, bis zum Stehen, 18 bis 24 Schuh tief in den festen Grund eingerammt. Ihre Anzahl unter jedes Widerlager beträgt 112.

*) Diese Figur zeigt das Queerprofil des auf dem Lande gemachten Werksatzes.

Sie sind gröſstentheils auf 1′ 4″ Abstand gestellt. Auf diese Pfähle ist der Schwellrost gelegt, von dem wir in F. 5. T. 113. einen Theil sehen, und darauf liegen 4″ dicke, 16″ breite tannene Planken. Die Zwischenräume der Grundpfähle sind bis zum festen Boden mit Kiesel und ungelöschtem Kalch gefüllt worden, F. 2. 3. und 7. An der vordern Seite des Widerlagers sind zwey Lagen Tufsteine, wovon die untere 1′ 5″ und die obere 13″ hoch ist, gelegt. Hinter derselben ist auf die Rostplanken mit Ziegel und Cement gemauert worden. Zur Ersparung der Ziegel und des Mauerlohns sind in jedem Widerlager vier Kisten oder Räume, die in F. 7. T. 114. und im Horizontalschnitt Fig. 5. T. 113. angedeutet sind, mit Kiesel und Mörtel ausgefüllt, darüber ist frisch gelöschter Kalch gegossen worden.

13) Wie der Werksatz eingerichtet war, zeigen F. I. II. III. IV. u. XXI. T. 113. sehr deutlich, worin wir auch die Zugstützen *t t* sehen, welche die untern Curven halten, damit sie nicht aufwärts springen, indem ein daran befestigtes Queerholz, unter den Gerüsthölzern, liegt. An den zwey Zugstützen *t t* stehen noch zwey 6 Fuſs tief eingerammte Pfähle *p p* Fig. III., woran ein Riegel *r* befestigt ist, der das Stuhlgerüst *s s* niederhält, wenn die Curven dasselbe und die daran gebrachten Zugstützen *t*, durch die Elasticität der Curven aufheben wollten. Die übrigen Curven sind unter sich vermittelst eisernen Klammern *k k k* Fig. I. T. 114. zusammengehalten, bis sie auf die Gerüstbrücke, die wir in F. IX. sehen, gebracht wurden. Die Rüstung des Werksatzes, auf dem Lande, besteht aus drey ganzen Stuhlgerüsten 1. 2. 3. F. III. T. 113., zwischen denen die Zimmerleute herumgehen können, und die einen Haupteingang 4 (F. I. und II.) auf jeder Seite hatten. Durch diese Einrichtung und die Etablirung der Laufgerüste 6, 6 F. I. und IV., auf jeder Seite der Stuhlgerüste 1. 2. 3., gewinnt die Arbeit auſserordentlich, weil man überall leicht zukommen, und die Hölzer wenden kann.

Die Biegung der Curven ist, auf der Landrüstung, mit der Fuſs- und Zugwinde geschehen, wie ich bey der Augsburger Brücke beschrieben habe. Die Lage der untern sehen wir in F. II. und XXI. und der sämmtlichen eines Stirnbogens in F. I. T. 113. deutlich anzeigt. Zu Stützpunkten dienten dem Werksatze die eingerammten Pfähle 7. und 8., und die Spannstrebe 9. F. I. Das Laufgerüst 6. wurde von den eingerammten Pfählen 10. und 16. getragen. Aus der perspectivischen Darstellung des Werksatzes F. XXI. sehen wir auch die Lage der zwey Seitenrippen *A* und *B*, der Diagonalrippe *C* und *D* und der mittlern Rippe *E*, so wie die Verbindungsschwellen *N*, die Stützschwellen 2 und den Stand des Kerbstocks 3. Da ich von den Vortheilen dieser Construction, die sie beym Brückenbau hervorbringt, überzeugt bin, so glaubte ich dieselbe durch viele Zeichnungen recht anschaulich machen zu müssen.

14) Im July 1808 wurde dieser Werksatz etablirt, bis Oktober war man schon mit dem Pfahlschlagen der Widerlager, ohngeachtet der öftern Hochgewässer, so

weit gekommen, daſs die Schwellroste der Widerlager versenkt, und das Mauerwerk angefangen werden konnte. Im December wurde die aus vier Pfahlreihen *g* bestehende Fluſsrüstung F. 2. 3. und 8. T. 114. geschlagen. Ende Januar ward die Aufsetzung der Brücke angefangen, im Februar 1809 vollendet, die Schrauben eingezogen, und mit den letzten Arbeiten fortgefahren. Ich wollte selbst bey der Ausrüstung gegenwärtig seyn, und lieſs die Brücke so lange auf den sechszehn Rüstklötzen *s s s* Fig. 8. und 9. stehen, bis mir meine Dienstgeschäfte erlaubten, mich von München zu entfernen. Hierbey bemerke ich, daſs ich die eigentlichen Rüsthölzer *a b c* F. 2. und 3. hatte herausnehmen lassen, um sie als Straſsenträger zu verwenden; nämlich, nachdem die Schrauben angezogen waren. Die Ausrüstung wurde am 1. May 1809 in Gegenwart des französischen Ober-Ingenieurs *Cormier*, welchen die französische Regierung abgeschickt hatte, um die Bauart dieser Brücken kennen zu lernen, bewerkstelliget. Das Setzen des Bogens betrug in der Mitte 8″ 3‴; bey dem ersten der Mitte zunächst stehenden rechtseitigen (den Lauf der Wertach nach gerechnet) Gerüstjoche *g* (F. 2.) 7″ 9‴; bey dem zweyten 2″ 3‴; bey dem linkseitigen der Mitte zunächst stehenden Gerüstjoche 7″ 7‴, und bey dem zweyten 1″ 9‴. Dieser Unterschied von respective zwey und 6 Linien bey dem Setzen des Bogens der rechten und linken Seite, und von der Mitte, ist daher entstanden, weil die Stützen 5 zuerst an den rechtseitigen Theilen weggeschlagen wurden, indem es an Zimmerleuten fehlte, um alle 16 Stützen zugleich zuspitzen und behauen zu lassen. Bey den Stützsäulen *y* und den Stützschwellen 2 wurden, bey dieser Operation, in den Curven Striche eingeschnitten, und es zeigte sich, daſs dieselben nicht um ein Haar rückwärts gewichen waren. Also war das Setzen, vermöge der Schwere des Bogens und der Zusammenpressung der Schiftungen und aller einzelnen Theile, entstanden.

Diese Ettringer Brücke, F. 1. T. 114., bildet mit ihren Umgebungen, besonders durch das fluſsaufwärts liegende Wehr, welches einen Wassersturz formirt, und den in der Ferne liegenden Gebirgen, die man gleichfalls durch den Bogen sieht, eine reitzende Landschaft, die jedem Freunde des Schönen ein wahres Vergnügen machen wird. Dieses ist aber jetzt sehr gestört worden, denn die Mühlbesitzer haben das Wehr durchbrechen lassen. Sie glauben, daſs die Regierung seinen Bau der Brücke und Chaussee wegen übernehmen soll; aber die Widerlager sind gut gegründet, und die Chaussee oder Auffahrten liegen auf einen Faschinenbau. Einstweilen sind die Mühlen auſser Gang gesetzt. Diese Brücke ist unter dem jetzigen Bauinspector *Gerold* ausgeführt worden, bey welchem Bau der Bauingenieur *Lacher* viel gelernt hat, so daſs ich ihm nachher die Ausführung der Vilshofer Brücke und die §. 89. beschriebene Arbeiten an der Oettinger Brücke übertragen konnte, wobey er meinen Erwartungen entsprochen hat.

Beschreibung der bey Irsingen 1808 *über den Wertachflufs erbauten Bogenbrücke.*
Tab. 113. und 114. Fig. XI.

§. 115. Die ehemalige durchaus baufällige auf einer Breite von 13 Schuh beschränkte und zweckwidrige Brücke, welche neun Joche hatte, entsprach der Sicherheit, die das Publikum auf Hauptchausseen verlangt, wovon die von Landsberg nach Kempten bey Irsingen über den Wertachflufs gehende, gezählt werden mufs, auf keine Weise. Hierzu kam noch der so schädliche und krumme Lauf der Wertach, welcher oberhalb der Brücke einen bedeutenden Landesbezirk verschlungen hatte, und der Umstand, dafs der Strom selbst die Chaussee fortzureissen drohte. Ich liefs daher, während des neuen Brückenbaues, die schädliche Serpentine durchstechen, gab dem Flufs einen neuen und geraden Lauf, schlofs den ältern, mittelst eines Faschinendammes, am Ende der Serpentine, den wir bey *A* Fig. XI. T. 114. sehen zu, und sicherte auf diese Weise nicht nur die Uferlande und das linkseitige Widerlager, sondern senkte auch die Hochgewässer, indem ihre Geschwindigkeit durch die Geradeleitung des Flusses vermehrt wurde. Der Erfolg hat diesen Plan vollkommen gerechtfertigt.

1) Diese 26′ breite Bogenbrücke habe ich aus einem 130′ weiten Bogen bestehen lassen; dessen Höhe konnte, der niedrigen Ufer wegen, nur 7 ½′ betragen, welches allerdings nach meiner jetzigen Erfahrung das Maximum von der Höhe bey 130′ Oeffnung ist. Drey Bogenrippen *A B C* (F. 16. T. 113.) wovon die mittlere Rippe 12″ höher als die Seitenrippen (F. 15.) steigt, gehen eilf Schuh in die 12′ starken und 59′ langen Widerlager hinein. Aus wie viel Curven (zu 14 bis 15 Zoll Höhe und 12″ Stärke) jede von den drey Rippen besteht, wie dieselben auf einander geschiftet und mit Schlufskeilen versehen sind, dies zeigt Fig. 15. Davon ist nämlich die linkseitige Hälfte der geometrische Aufrifs der Brücke und die rechtseitige, ein längs der mittlern Rippe genommener Schnitt. Die in Fig. XI. T. 114. dargestellte perspectivische Ansicht zeigt die Umgebungen dieser Brücke sehr getreu.

2) Zu den Stützpuncten dienen die zwey Widerlager, wovon jedes auf 95 Grundpfählen, die mit einem 12 Centner schweren Rammklotze bis zum stehen 18 bis 28′ tief eingerammt sind, ruht. Das obere der Pfahlräume ist bis zum Plankenboden *P* Fig. 17. mit Kiesel, Cement und frisch gelöschtem Kalch ausgefüllt worden. Die Grundpfähle sind 2′ von Mittel zu Mittel, also drey Schuh entfernt, geschlagen. Die Rostschwellen des rechtseitigen Widerlagers bestehen aus Eichen, die übrigen, so wie die Grundpfähle und die Brücke selbst aus Fichtenholz. Die Widerlager bestehen aus Tufsteinen, gut gebrannten Ziegeln, und einige Abtheilungen sind mit Kiesel, Cement und ungelöschtem Kalch gefüllt, wie dies die Horizontal- und Queerschnitte Fig. 16. 17. 19. und 20. und die Ansicht von oben Fig. 16. deutlich zeigen. Zur Vermehrung der Stabilität der Brücke ist längs den Stützschwellen 12 eine Mauer *t t t t* Fig. 19. aufgeführt und der Spannriegel *v* untermauert. Hinter den Widerla-

gern sind sechs Pfähle q Fig. 16. eingerammt; mit drey Ankern r und einer Schwelle P verbunden.

3) Die drey Bogenrippen sind unter sich verbunden: a) mit den auf 15′ Abstand liegenden sieben Verbindungsschwellen N N Fig. 15. 16.; b) mit den Bauhölzern o o; c) den Stützsäulen y; d) den Kreutzstreben a b und endlich mit den an Stützklötze angestemmte Windruthen c d (Fig. 16.) und k l.

4) Alle grofse Schrauben dieser Brücke sind 1 $\frac{1}{2}$ Zoll, die übrigen ein Zoll stark. Sie haben mit ihren Muttern, Platten und den Schraubenschlüsseln 2540 Pf. gewogen.

5) Der in Fig. 13. und 14. Tab. 113. dargestellte Werksatz wurde im Juny 1808 unter Leitung des Bauinspectors Gerold, der den Bau der Brücke führte, angefangen, und am 5. Januar 1809 wurde die Brücke bereits befahren. Sie setzte sich, nach Wegnahme des Gerüstes, in der Mitte, anfänglich 6 Zoll, und in dem ersten Monate des Gebrauchs noch drey Zoll, dann aber noch mehr.

§. 116. Wenn der Kenner die Construction dieser Brücke analysirt, so wird dieselbe von ihm weit fester als die Construction der Brücken von Oettingen, Augsburg und Biesenhofen befunden werden. Ich machte dieselbe vorzüglich wegen der geringen Bogenhöhe, so solid und sparte weder an Curven noch Kreutzverbindungen. Unglücklicher Weise hatte ich mich auf die feste Lage der in jedem Widerlager liegenden drey Stützschwellen 2 2 F. 15. T. 113. und auf die hinter die Widerlager angerammten Stützpfähle verlassen, welches ich allerdings defswegen konnte, weil diesen ihre Schwellen sich an eine Queerschwelle 4 und an eine Pfahlwand p anlehnten, welche letztere bis zum Stehen eingerammt werden sollte, und vermittelst Streben und einer zweyten Pfahlwand unterstützt war. Aber diese zwey Pfahlwände gaben nach, und wiewohl die Stützschwellen noch vorne eine geneigte Lage hatten, so wichen sie dennoch zurück, nämlich die im linkseitigen Widerlager angebrachten drey um 4 Zoll, und die im rechtseitigen 5 Zoll. So kam es denn, dafs der Bogen endlich 1813 um drey Schuh sich senkte, und daher wurde die Umbauung dieser Brücke nothwendig. Es blieb die Construction der Brücke unverändert; den Bogen liefs ich an eine queer liegende Schwelle, zunächst aber an Stützsäulen anlehnen, an seinen Enden 3 Schuh senken, und einen Schuh in der Mitte erhöhen, so dafs die Bogenhöhe 12 $\frac{1}{2}$′ beträgt. Es stützt sich jetzt der Bogen an die 9′ dicke Mauer der Widerlager. Dann sind alle in die Widerlager kommenden Curventheile und verschiedene Schwellen, aus Eichenholz gemacht, und der Schlufsbalken 7. 8. hat eine Neigung von 2″ auf die Klafter, von der Mitte des Bogens gegen die Widerlager erhalten, um zur Spannung und Tragkraft der Brücke beyzutragen. Diese Umbauung wird im May 1814 bewerkstelligt werden.

Beschreibung der Biesenhofer - Wertachbrücke,
Tab. 113. Fig. VI. bis XII. inclusive, und Tab. 114. Fig. X.,
welche im Jahre 1808 erbaut wurde.

§. 117. Ohnweit dem eine Stunde von *Kaufbeuern* entlegenen Dorfe *Biesenhofen* stand eine nur vierzehn Fuſs breite Brücke, die fünf Joche hatte, und im Jahre 1808 dem Einsturz nahe war. Nach der hydrometrischen Beschaffenheit des Wertachflusses gab ich der neuen Brücke eine Oeffnung von 108 Schuh. Die Breite der Brücke beträgt 26 Schuh und die Höhe des Bogens 7 Fuſs. Es bestehen die zwey Seitenrippen aus drey 13 bis 15″ starken Curven, die in zwey 12 ½ Schuh starken Widerlagern 10 Fuſs eingelassen sind. Von diesen ruht jedes auf 117 Grundpfählen, welche im Mittel 10″ stark, 17 bis 19 Fuſs lang, und 12 bis 16 in den festen Grund mit einem 12 Centner schweren Rammklotze, eingerammt sind. Die Widerlager sind dergestalt von Kiesel, Ziegeln, Tufsteinen und Mörtel aufgemauert, wie es das nach der Linie G F (F. 9.) genommene Profil (F. 12.) zeigt. Zwey Curven stoſsen in die Stützkerbe 3 (F. 8.) und die untere Curve geht auf die Stützschwelle 2, gegen welche eine Queerschwelle 4 anliegt, hinab. Hinter dieser letztern sind drey Pfähle P eingerammt.

2) Die sichere Anlehnung des Bogens gegen die Widerlager wird noch dadurch bewirkt: daſs die Stützschwelle 2 eine schräge Lage hat; folglich auf die Sohle des Widerlagers drückt.

3) Die beyden Seitenrippen sind mit einander verbunden, *a)* mittelst fünf auf 16 ½ Fuſs Abstand liegenden Verbindungsschwellen N F. 8. T. 113., durch welche sowohl als durch die Bogenhölzer und den Schluſsbalken 5, 1 ½ Zoll starke Schrauben gehen; *b)* durch die Balkenwände *o*, wovon die äuſsere Wand sich an zwey Stützsäulen *y*, welche die Rippen einschlieſsen, anlehnt; *c)* durch die Kreutzstreben *a b* und endlich durch die Windruthen *c d* und *k l*. Es liegen nämlich in dem mittlern Schwellenfelde zwey paar Windruthen über einander. Die Verbindung der Curven unter sich ist durch fünf 1 ½ Zoll starke Schrauben und die Schrauben *t t*, so wie durch die darauf liegenden Bundhölzer *o*, bewirkt worden. Am Ende sind sie noch durch eine Stützstrebe *u* unterstützt.

4) Wie der Werksatz eingerichtet wurde, zeigen Fig. 6. und 7.

5) Die aus fünf Jochen bestehende Fluſsrüstung, wovon jedes fünf Pfähle hatte, ist in Fig. 8. gezeichnet.

6) Figur 10. stellt den Durchschnitt dieser Brücke, nach der in Fig. 9. gezogenen Linie *i k*, dar.

7) Die linkseitige Hälfte von Fig. 8. zeigt die Ansicht des Bogens, und die rechtseitige ist der nach der Linie M P Fig. 9. genommene Durchschnitt.

Im Juny 1808 wurde der Anfang mit dem Werksatze gemacht, und am 5ten Februar 1809 in meiner Gegenwart die Ausrüstung bewerkstelligt. Das Setzen des Bogens betrug in der Mitte 7″. Seit dieser Zeit hat man keinn weiteres Setzen verspürt.

§. 118. Nach eben dieser Construction habe ich auch folgende Brücken aufführen lassen, 1) die ohnweit *Göggingen*, auf der Strafse von *Ulm* nach *Stuttgardt*, über die *Fils* (Tab. 122.) deren Bogenweite 80′ beträgt. 2) Diejenige, welche eine Stunde von Freysingen über die *Amper* von 100 Fufs Oeffnung. 3) Die Brücke an der *Schütte*, auf der neuen 1812 von Kempten nach Lindau angelegten Chaussée, von 60′ Oeffnung. Bey der ersten hatte man den Fahrtweg 24 Zoll hoch mit Erde und Kies beschwert, und als sie sich unter dieser ungeheuern Last von 3200 Centner, in ihrem schwächsten Theil, das ist, in den Schenkeln, 6 Zoll bog, glaubte man, dieselbe in der Mitte mit einem sechs Schuh dicken Pfeiler unterstützen zu müssen. Ich mag nicht die wahrscheinlichen Beweggründe weiter entwickeln, warum das Würtembergische Chaussée-Departement diese Maafsregel angewendet hat, denn wiewohl ich den Bau dieser (in Vergleich mit den übrigen Bogenbrücken) kleinen Brücke, den der Baudirector *Gries* ausführte, nicht besuchen konnte, da ich damahls (1809) sehr beschäftigt war, so bin ich dennoch von diesem geschickten Ingenieur überzeugt: dafs dieselbe mit aller Sorgfalt ausgeführt worden ist.

Beschreibung der über den Rottflufs, ohnweit dem Inn und der Stadt Schärding 180$\frac{8}{9}$ in Baiern erbauten Bogenbrücke. Tab. 105.

§. 119. Der *Rottflufs* hat daselbst, wo ich über denselben die Brücke erbaute, folgende Local-Eigenschaften. 1) Er schwellt bey Regengüssen öfters in wenigen Stunden sieben Fufs hoch an, und erreicht alsdann den Anfang des Bogens dieser Brücke. 2) Dessen Bett besteht aus feinem Material. 3) In demselben stauen die Hochgewässer des Inns 17 Fufs über den niedrigsten Wasserstand der Rott, das ist, bis zu dem Punct *b* F. 8. 4) Unterhalb der Brücke wird das Bett auf einmal 700′ breit, und der Strom hat einen grofsen Bezirk Landes verschlungen. 5) Der hohe Wasserstand des Inns, welcher 24′ über den niedrigsten steht, setzte hier dem Bau einer Jochbrücke grofse Schwierigkeiten entgegen, weil die Jochpfähle 28′ über das Flufsbett hätten reichen müssen. Dieses mochte auch wohl die Ursache seyn, dafs man sich bis zum Jahr 1809, bey der sehr wichtigen Passage, nur einer Fähre, die, bey der niedrigen Lage der Chaussee und der bedeutenden Strömung des Inns und der Rott, nicht mehr beym mittlern Wasserstande gebraucht werden konnte, bediente. Ja, es traf sich öfters im Jahre, dafs nach einem Gewitterregen, die Reisenden und Fuhrleute, entweder mehrere Tage liegen bleiben, oder den Weg über Schärding und Braunau nehmen; folglich eine ganz ebene und bequeme Chaussee meiden mufsten, wodurch nicht nur dem Königreiche Baiern und der Stadt Schärding zugleich, viel entgieng; sondern, woraus auch ein Verlust der Zoll-Einkünfte, den man in den neuesten Zeiten jährlich zu 6000 fl. berechnet hat, entstand. Durch alle diese Motive aufgefordert, kam es also darauf an: eine solche Brücke anzugeben, die 1) den Hochgewässern und Eisgängen des Inns widersteht; 2) deren Gebrauch, während die

die Jochbrücken zerstört waren, gesichert sey, und welche 3) die oberhalb liegenden flachen Gegenden, so viel als möglich, gegen die Hochgewässer des Inns schützte! In dieser letzten Hinsicht mufste also ihre Oeffnung nicht zu grofs gemacht werden, und ihre Chausseedämme über die höchsten Wasserstände reichen. Diesen Forderungen und dem Profil der von der Rott abgeführten Hochgewässer gemäfs, bestimmte ich die Oeffnung ihres Bogens zu zweyhundert Schuh.

§. 120. Drey wichtige Aufgaben hatte ich durch ihre Construction zu lösen. *a*) Wie waren die Widerlager zu machen, um als sichere Stützpuncte zu dienen? *b*) Wie konnte die Ausbiegung von der Verticalebene dieses dem Winde so sehr ausgesetzten grofsen Baukörpers verhindert werden? *c*) Und welche Einrichtung mufste mit den Verbindungen und der Construction der einzelnen Theile und des Ganzen getroffen werden, um die Schwingung oder Oscillation, folglich die Bewegung der Brücke selbst zu verhindern? Der aufmerksame Leser wird nun sehen, wie ich diese Aufgabe gelöst, nachdem ich ihn mit der Construction und den Dimensionen der Brücke bekannt gemacht habe.

1) Mifst die Oefinung oder Weite der Brücke 200 Fufs; die Breite beträgt 26 Schuh. Die Höhe des Bogens 18′ 8″; dessen Radius 266 Schuhe. 2) Jedes Widerlager besteht aus zwey Abtheilungen. Die erste Abtheilung *d*, *e*, *f*, *g*, *k*, *i*, Fig. 9. trägt eigentlich die Brücke und dient zugleich, wegen den darauf liegenden Stützschwellen *k*. *k*. Fig. 8. zu Stützpuncten. *) Auf diesen zwey Schwellen ruhen die Curven 4. 5. 6. 7. 8. 9. der 2ten Abtheilung der zwey Seiten-Rippen B und G. Auf einer dritten Schwelle ruht die aus drey Curven bestehende mittlere Rippe P, J, L, Fig. 7. 9. und 12., welche mit der 2ten Abtheilung der Seiten-Rippen gleiche Weite, und Radius hat. Die erste Abtheilung dieser letztern, das ist die Rippen A. B. C. F. 6. 8. und 10., dessen Höhe 16 Schuh, die innere Weite 243 und dessen Radius 466′ 2″ mifst, dienen nur eigentlich, um die Seitenausbiegung des Brückenkörpers zu verhindern. Derselbe ist an jeder Hälfte, mittelst drey 2″ starken Schrauben 1, 2, 3, Fig. 8. *b*, mit der innern Abtheilung, welche bey den Widerlagern aus 6 Bogenhölzern 4, 5, 6, 7, 8, 9, F. 8. besteht, zusammen verbunden. Der erste Bogentheil A B C geht 28′ in die Widerlager hinein; der innere aus 6 Hölzern bestehende Bogentheil, aber 15 Schuh. Durch diese Verbindung, das genaue und tiefe Einschliefsen des Bogens innerhalb der Widerlager, ist jede Ausbiegung von der Verticalebene unmöglich. 3) Die erste Abtheilung der Widerlager ruht auf 55 Grundpfählen. Dieselben bestehen aus Kiefern, sind oben 15″ stark und 14′ tief, mit einem 12½ Centner schweren Rammklotze, bis zum Stehen, eingerammt, und zwar auf einem Abstand von 2′ bis 4½′, von Mittel zu Mittel. In der vordern Reihe *a* F. 9. stehen

*) Die Stützschwellen sowohl als die übrigen in den Widerlagern liegenden Schwellen sind von Eichenholz, die Curven von Fichten und Tannen.

nämlich diese Pfähle, zur Verhütung der Unterwaschung, näher. Die aus Eichenholz bestehenden Rostschwellen sind dem niedrigsten Wasserstand gleich gelegt. Zwischen den Pfählen ist der Grund, vor der Einrammung, so tief als möglich, ausgegraben, und dann sind die Zwischenräume mit Bruchsteinen und Mörtel ausgemauert. Oberhalb diesen Bruchsteinen hat man den Plankenboden gelegt, und darauf ein Bruchsteingemäuer aufgeführt. 4) Der zweyte Theil der Widerlager *l m n o* F. 9. 1) besteht aus sieben Reihen Grundpfählen *p p p*, wovon jede Reihe drey Pfähle hat, die, bis zum Stehen mit einem 12 Centner schweren Rammklotze eingerammt sind. Der Zwischenraum der Pfähle und Rostschwellen ist mit großen Bruchsteinen ausgemauert, und zwar bis unter die Deckplanken, und im Innern, an die Seiten der Hauptstützschwellen *k*, noch 6″ hinauf, so daſs diese Schwellen in das Mauerwerk eingeschlossen liegen. An den zwey Seiten dieses Theils vom Widerlager ist ein in Fig. 16. sichtbares Bruchstein-Gemäuer aufgeführt worden, um diesem Theil des Widerlagers die gröſst-möglichte Stabilität zu geben. Dessen Seitenwände *n* Fig. 9. 15. und 17. bestehen aus Balkenwänden, von denen die einzelnen Balken auf den Ecken, mittelst Schwalbenschwänzen, verbunden sind, wie dies F. 15. zeigt. So ist also der hintere Theil der Stützschwellen, welche die drey Bogen-Rippen tragen, vollständig gesichert. Ihr Vordertheil, der bis zur Hauptstützsäule *y* fortläuft, wird durch folgende Vorrichtungen, auſser von den Widerlagern selbst, unterstützt, und in einer die Spannung des Bogens sichernden unverrückbaren Lage erhalten. 2) Die Stützschwellen *k* F. 9. *a*, welche vorne, d. i. da, wo sie von den Seitenstücken der Stützsäule *y* eingeschlossen ist, eine Höhe von 30″ haben, lehnen sich an eine 30″ hohe und 14″ dicke Grundschwelle *u*, welche nicht nur an vier eingerammten Pfählen VI. anliegt, sondern auch in die Widerlagmauer selbst eingemauert ist. 3) Da, wo die vordere Abtheilung des Widerlagers sich endet, liegt eine zweyte Queerschwelle *u′* F. 8. und 9. auf drey über den Rost gestellter Stützen Fig. 11., und hinter welcher Schwelle 6 Pfähle *VI.* Fig. 9. *a* eingerammt sind, die zugleich Stützsäulen bilden, indem sie bis zum Schluſsbalken *s* F. 8. hinaufreichen. An den Seiten sehen wir nämlich zwey solche Pfähle *VI. VI.* Fig. 9., und an diese stöſst die zweyte Hauptschwelle *k* Fig. 8., worin die 6 Curven 4, 5, 6, 7, 8, 9 der innern Bogenabtheilung eingelassen sind. 4) Man sieht also hieraus und aus der Construction der beyden Abtheilungen einer Seiten-Rippe, daſs in jedes Widerlager fünf Stützschwellen *K k k k K* Fig. 11. liegen, welche auf die Klafter 14″ abhängig sind. Vier davon liegen nämlich auf den zwey Seiten, für die Aufnahme der vier Bogenabtheilungen, und eine in der Mitte, zur Aufnahme der mittlern Rippe. 5) Was die Fundirung des hintern Theiles vom Widerlager anbetrift, so sind dieses Stützkörpers zwey Rostschwellen auf die Grundpfähle *p* Fig. 9. aufgezapft, worin die zwey äuſsern Stützschwellen *k k* eingelassen worden, damit diese nicht rückwärts geschoben werden, ohne die Grundpfähle zu zerbrechen. Dies kann aber um so weniger geschehen, da sie mit Mauerwerk umgeben sind,

und ein Gegendruck auf die hintere Wand, vermittelst der Stützstreben s F. 11. bewerkstelligt wird. Auch müfste der gesammte hintere Theil des Widerlagers *l m n o* von den Stützschwellen abgeschoben werden, welches, wegen der Grundpfähle und der schweren Masse dieses Widerlagers, unmöglich ist. Ferner können die Pfähle *VI.* auch nicht rückwärts gebogen werden, weil nicht allein die Streben s F. 11. dagegen anstehen, sondern auch noch außerdem drey Streben *r* Fig. 7. diese Pfähle vorwärts und gegen die Mitte spannen. Auf diese Weise ist also der sichere Stand des Bogens und seine unverrückbare Spannung sowohl, als auch dadurch, dafs er in die Widerlager bis zum Schlufsbalken s Fig. 15. fest eingeschlossen wurde, bewirkt. Zugleich ist hierdurch dessen Abweichung von der Verticalebene verhindert worden. *) 6) Die drey Rippen des Bogens sind durch eilf Verbindungsschwellen *N* Fig. 8. und 9., die auf 15 Fufs Abstand liegen, gespannt und verbunden. Dadurch also sowohl, als dafs die zwey Seiten-Rippen eine doppelte Lage von Curven haben, dafs in jedem Schwellfelde zwey Lagen von Windruthen (*c* und *i*) angebracht sind, die sich an die Spannklötze 22 F. 7. 9. und 13. anstemmen; dafs aus den Widerlagern heraus zwey Kreuzstreben 21 nach den Bundhölzern des ersten Schwellenfeldes hinauf gehen, und dafs endlich die Kreuzstreben 20 und 26 Fig. 8. und 9. *b* die vordern Stützsäulen *y*; folglich auch die Rippen, welche von diesen Stützsäulen eingeschlossen, und vermittelst Schrauben daran sowohl, als an den Schlufsbalken *s* befestigt sind, in einer unverrückbaren Lage erhalten werden, ist diese Brücke gegen die Oscillation und die Ausbiegung von der Verticalebene gesichert. Zur Festigkeit des Geländers und des Zusammenpressens der einzelnen Curven haben die Geländerschrauben Fig. 8. eine Dicke von 2 Zoll; die übrigen von $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{4}$ Zoll. Alle Schrauben wiegen 7350 Pfund, und kosten 2320 fl.

§. 121. Anbetreffend die Ausführung, welche ich dem Werkmeister *Rief* anvertraut hatte, und wobey sich ein gewisser *Burger* als Polier dergestalt gebildet hat, dafs ich demselben, wenn es nothwendig wäre, die Ausführung des Zimmerwerkes einer Bogenbrücke ohne Bedenken anvertrauen würde; so will ich darüber folgendes bemerken: 1) Der am 30. May 1808 angefangene Werksatz ist in Fig. 2. bis 7. 10. 18. bis 22. so deutlich dargestellt, dafs eine weitläufige Beschreibung davon überflüfsig wird, nachdem die Leser aus dem Vorgetragenen im Stande seyn werden, dessen Construction, mit Hülfe dieser figürlichen Darstellung, vollständig zu verstehen. Die Pfähle des Werksatzes sind 6 bis 9′ in den Grund eingerammt werden. Er mufste auf einer Ebene etablirt werden, die den Hochgewässern ausgesetzt war; folglich wurde ein Pfahlgerüst sehr nothwendig, um den Hochgewässern einen freyen Durchgang zu lassen, welche ein Stuhlgerüst umgeworfen haben wür-

*) Bey Lesung dieser Erklärung müssen vorzüglich Fig. 8. 9. 11. und 12. und die sämmtlichen Querprofile, miteinander verglichen werden, Auf denselben sind nämlich die gleichen Theile mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

den. Vom 3. bis 10. Juny wurden diese Gerüstpfähle eingerammt, und bis den 20. war die sämmtliche Rüstung vollendet: nachdem auch am 15. die Stuhlrüstung F. 10. für das rechtseitige Widerlager gelegt war. Vom 15. bis 20. wurden alle Verbindungsschwellen *N* auf die Rüstung aufgezogen, und am 21. die beyden ersten Curven 4 5 F. II. gelegt, und vermittelst um diese Unterlager *a* geschlungene Ketten *b* und Hebel *c* gekrümmt, wie dies F. 2. 10. 20. 21. deutlich zeigen. Auch wurde, mittelst einer Winde *W* F. 10., das Anziehen und Krümmen der Curven unterstützt. Während die Curven gebogen wurden, zog man zugleich die Zwischenschwellen oder Bundhölzer *e* F. 2, 5, welche in diese Curven eingreifen, auf. War dann die Krümmung der Curven geschehen, so wurden diese zwischen die Hängezwinge *H*, vermittelst Keile *H*, F. X. eingezwängt, um ihre Bogenlinie, auf dem Werksatze, mehrere Monate über, d. i. bis zur Errichtung der Brücke über den Flufs, zu behalten. An den Enden befestigte man aber die Curven mit Klammern *i i* F. 10. auf die Stützschwellen *k k*, damit sie nicht aufspringen konnten. 2) den 23. bis 28. Juny wurden die drey untern Curven F. 5. des mittlern Bogens, als woraus derselbe besteht, gelegt und gebogen. Am 21., 22., 24., 25. und 29 Juny wurden die untern Curven der Seitenrippen aufgezogen und gekrümmt. Bis zur Mitte August war der Werksatz vollendet und bis zum 23. November waren die untern Rippen auf die fünf Gerüstjoche, über den Flufs, aufgesetzt. 3) Die Gerüstklötze, worauf die Brücke über den Flufs noch ruhte, wurden vor dem, im Januar 1809 zu befürchtenden und wirklich eingetretenen Eisgange und Hochgewässer, im December 1808, weggeschlagen, so dafs der Bogen frey stand. Diese Vorsicht war defswegen nothwendig, damit der Eisgang den Bogen nicht beschädigen konnte, wenn er gleich das übrige Gerüst fortrifs, welches nicht mehr gänzlich fortzuschaffen war, und zum Theil von dem schnellen Eisstrom umgestützt wurde. Im März 1809 hätte die Brücke bereits befahren werden können, wenn nicht die Aufführung der Chausseedämme auch hier verzögert worden wäre. Dieser 17400 fl. kostende Brückenbau würde weit früher beendigt worden seyn, hätte der Krieg nicht eine Störung gemacht. *Seine Majestät der Kaiser von Oesterreich* hat den Bau, von Schärding aus, mehrmalen besucht.

Die schöne Ansicht dieses Werkes und dessen Umgebungen ist in der perspectivischen Zeichnung Fig. I. Tab. 105. dargestellt. Gegenwärtig ist der Bogen auf beyden Seiten verschaalt. Der jetzige Bauingenieur *Rief* hat diese Brücke ausgeführt.

Beschreibung der bey Bamberg über den Regnitzflufs im Jahre 1809 erbauten Bogenbrücke. Tab. 120.

In den Jahren 1752 bis 56 wurde über die Regnitz von grofsen aus festen Sandsteinen bestehenden Werkstücken eine steinerne Brücke, Fig. 2., erbaut. Sie hatte vier Bögen, wovon die zwey äufsern jeder 46 Fufs, und die zwey mittlern 50 Fufs weit, und jeder von den vier Pfeilern 17 Fufs dick waren. So viel Körper

auch diese Steinmasse darbot, so widerstand sie ihrer elenden Fundirung wegen dem Hochgewässer vom Jahre 1784 doch nicht. Die Rostpfähle waren in dem feinen Sandgrunde nur 5 bis 18 Fuſs tief eingerammt, anstatt daſs sie 30 Fuſs und tiefer hätten stehen sollen, um nicht nur ein solches Werk zu tragen, sondern auch nicht unterwaschen zu werden. Vergeblich waren daher Einmal Hundert und Dreyſsig Tausend Gulden, ohne die unentgeldliche Beyfuhr der Baumaterialien, die Leistung der Rammarbeiten und das Holz zu rechnen, verwendet worden: denn am 27. Februar 1784 wurde die Fundirung unterspühlt, und die Brücke stürzte ein. Zugleich wurden 34 am Ufer stehende Häuser stark beschädigt, und einige von dem Eisgange fortgeführt. Ich habe von der dortigen Baudirection über die Lage der Ruinen eine Untersuchung vornehmen lassen, als der Sand von dem letzten Hochgewässer zwischen denselben weggespühlt war; sie giebt diese Ruinen an, wie sie in Fig. III. und IV. bezeichnet sind. Auf diesen hatte man im Jahre 1784 vier Pfeiler, wovon wir in *a b c* drey sehen, zur Tragung eines Fuſsweges, errichtet.

Ueber die Wiedererbauung dieser Brücke hatte die vormalige Regierung eine Menge der sonderbarsten Vorschläge erhalten. Es gereicht ihr zur Ehre, daſs sie keinen davon ausführen lieſs. Sie erbaute, im Sommer 1784, stromaufwärts eine gewöhnliche Jochbrücke mit einem Kostenaufwande von 18543 fl. 27 kr., welche mit der Unterhaltung bis 1809, 64000 fl. gekostet hat. Diese Brücke war 1809 so baufällig, daſs sie mit Sicherheit kaum ein halbes Jahr gebraucht werden konnte. *Seine Majestät* haben daher meinen Vorschlag zu genehmigen geruht: auf eben die Stelle, wo die steinerne Brücke stand, eine Brücke von einem Bogen, dessen Weite vom Anfang desselben an, 215 Fuſs beträgt, erbauen zu lassen. Am 16. August 1809 ordnete ich die Fundirung, die Stellung des Bogens und der Widerlager an Ort und Stelle an, und Anfangs May wurden die Rippen auf dem Werkplatze (F. XIV.), nach der von mir entworfenen Zeichnung, gekrümmt. Am 9. December befuhr ich die Brücke mit dem General-Commissär von *Stengel*, einem ächten Kenner groſser und nützlicher Unternehmungen, der den wesentlichsten Antheil an der groſsen Austrocknung des Donau-Mooses in Baiern gehabt hat. Auch ward ein mit groſsen Baumstämmen beladener und mit 16 Pferden bespannter Wagen im Trott über diese Brücke gefahren.

§. 122. Ich komme jetzt zu ihrer Construction. 1) Steht der Anfang des Bogens 7′ 4″ über den niedrigsten Wasserstand, worunter die zwey Schwellroste der Widerlager einen Schuh liegen. Unter diesen sind daselbst Grundpfähle eingerammt, wo es die Ruinen der alten Brücke zulieſsen. Sie haben eine Länge von 30 Fuſs und darüber, so daſs der Schwellrost eine sichere Lage, folglich die Widerlager ein dauerhaftes Fundament erhalten haben. Die Felder dieses Rostes sind mit Ziegel und Cement ausgemauert, und mit eichenen Planken *a*, *b*, *c*, *d* Fig. V bedeckt. Die Widerlager sind von den Steinen der alten Brücke und einer unbrauchbar gewordenen Kapelle so aufgeführt, wie es Fig. II. VI. und VII. zeigen. Die Steine haben eine

Länge von 3¾ bis 4 Fuſs, eine Breite von 2½ bis 3 Fuſs, und eine Höhe von 1 Fuſs 4 Zoll bis zwey Schuh, so daſs sie theils in dieser Hinsicht, theils wegen ihrer Festigkeit, zu den beſsten Werkstücken gezählt werden können. 2) Die Weite des hölzernen Bogens beträgt von c nach *f* Fig. III. und IV. genau 227′; von der innern Fläche der einen Stützsäule bis zu der innern Fläche der andern Stützsäule 215, und die Weite zwischen den Widerlagern miſst 209 ⅔ Schuh. 3) Ist vor den Stützschwellen eine zwey Schuh dicke Mauer *A B* Fig. III. und IV. aufgeführt, um dieselben zu conserviren, und gegen Eisgänge zu schützen, so wie auch, um der Brücke ein schöneres Ansehen zu geben. Ihre Steine sind, vermittelst Dollen, zusammengehalten, und vor der Aufführung sind die Stütz- und Queerschwellen *c*, *f*, *g* und *h* Fig. III. VII. und VIII. betheert, alle statt findenden Zimmerfugen aber mit siedendem Oel ausgegossen, und mit Bleyplatten belegt. Sowohl diese Stützschwellen als die Anfänge der Bogenrippen sind eingemauert; dieses aus Werkstücken bestehende Gemäuer hat eine Abdachung erhalten, damit in dasselbe die Nässe nicht eindringe, und diese Construction der Anfänge der Rippen, so wie des Gemäuers, worin sie eingeschlossen sind, ist in Fig. III. und IV. deutlich gezeichnet. 4) Diese Brücke besteht ferner aus drey einzelnen Bogenrippen *C D E*. Davon haben die beyden Seitenrippen *C* und *E* zwey Curvenlagen neben einander, welche mit Schrauben 1 Fig. VI. zusammengezogen wurden. An den Anfängen und in den Schenkeln Fig. III. bestehen die Seitenrippen aus fünf Curven 3. 4. 5. 6. 7. F. IV. übereinander. Die mittlere Rippe *D*, oder der Brückenrückgrad, besteht, in fünf Schwellenfeldern, aus drey Curvenlagen Fig. 3. nebeneinander, so daſs die untern Seitencurven *i* längs der mittlern Curvenlage 8. 9. 10. aufwärts gehen, folglich mit einem kleinern Halbmesser construirt sind, und daher höher als dieselbe und als die Seitenrippen *C E* steigen (siehe Fig. III. IV. V. und IX.). Die zweyten Curven *m* der mittlern Curvenlage von der mittlern Rippe Fig. III., gehen bis zur Mitte des dritten Schwellenfeldes bey *m*; die obern Curven *l* hingegen bis zur obern Verbindungsschwelle des fünften Schwellfeldes, hinauf, wo sie mit einer Schraube 2 mit den untern Curven *i* zusammengezogen sind. Die mittlere Curvenlage der mittleren Rippe oder des Rückgrades der Brücke hat am Anfange, fünf Curven 8, 9, 10, 11, 12 F. III. und VII. und in der Mitte des Bogens drey, 8, 9, 10, Fig. IX. übereinander: denn Nr. 14. ist der Schluſsbalken, welcher zugleich den Straſsenträger formirt, wie dies Fig. VI. zeigt. Wie die Curvenlagen der mittlern Rippe von dieser Bogen-Brücke, mittelst zweyer Zwingen *K K* umgeben, und mit dadurch gehenden Schrauben zusammengezogen sind, zeigen Fig. III. V. und VIII. 5) Es muſs noch bemerkt werden, daſs alle Bogenrippen aus Fichten und Kiefern bestehen, und die Curvenhölzer eine Höhe von 15½ bis 16 Zoll haben, daſs die sämmtlichen Verbindungsschwellen 13 bis 14 Zoll zur Höhe haben, und so wie die Stützschwellen von Eichenholz sind. 6) Die durch die äuſsern Curvenlagen der Seitenrippen aufwärts gehenden Schrauben bilden zugleich die Geländer-

säulen. Wie die Stützsäulen *c*, *D*, *E* gestellt, und mittelst Kreutzstreben *v* auseinander gehalten werden, zeigt Fig. VII. Zur Ersparung der Balkenlagen sind über das zweyte Schwellenfeld gleichfalls solche Kreutzstreben, wie Fig. VIII. zeigt, angebracht. Die Windruthen *o*, *p*, *q*, *r* sind an Stützklötze und zwischen die mittlern Schwellen gestemmt, wie es Fig. III. V. und VIJ. zeigen. Die mittlern Schwellfelder haben zwey paar Windruthen übereinander, wovon die obern *s*, *t* Fig. IX. bogenförmig, und die untern *q p* gerade sind. Jene bestehen, zur Vermehrung ihrer Spannkraft aus zwey verzahnten Hölzern. Ihre Durchschnitte *i o* fallen bey *x* in die citirrte Figur. Auch in den ersten Schwellenfeldern von den Widerlagern ab, sind zwey paar Windruthen übereinander bey *s*, *t* und *u*, *u* Fig. III. und VII. eingespannt.

Durch diese Construction und durch die Einmauerung der Rippen in die Widerlager (Fig. X.) hat die Brücke, deren grofse Schrauben eine Dicke von 1 ½ Zoll, die mittlere von ¾ Zoll haben, eine solche Stabilität und Stärke erhalten, dafs sie ein Steinpflaster und an den Seiten ein aus grofsen Steinplatten bestehendes Trottoirs, (§. 69.) tragen konnte. Diese Brücke giebt bey einer Breite von 32 Fufs dem Publicum alle mögliche Bequemlichkeit; bey der grofsen Bogenweite aber dem Hochgewässer einen freyen und ungestörten Durchzug. Die schöne Lage der Stadt Bamberg und der Brücke habe ich in der von dem Baudirections-Ingenieur, jetzigen Bauinspector Lebender, in Fig. 1. gezeichneten Ansicht darstellen lassen. Diesen Ingenieur gab ich dem Werkmeister Rief zu den Kanzleygeschäften bey, welchem letztern ich die Ausführung dieser Brücke anvertraute, und dem ich ein nach meiner Zeichnung von einem Schreinergesellen, verfertigtes Modell mitgegeben, und die nachherigen mir nothwendig geschienenen unbedeutenden Veränderungen vorgeschrieben habe.

Die Ausführung dieser Brücke betreffend, so liefs die enge Baustelle und der Umstand, dafs der in der Richtung, wo die Brücke zu stehen kommen sollte, auf steinernen Pfeilern ruhende Fufsweg nicht lange Zeit entbehrt werden konnte, es nicht zu, die Brücke gleich auf eine Flufsrüstung zu errichten, sondern man mufste auf einem freyen Platze, den in Fig. 10. 12. 13. und 14. dargestellten Werksatz etabliren, und defswegen die Pfähle *p p* Fig. 12. in den Grund einrammen. Als so der Bogen mit seinen Theilen geformt war, wurden 9 Gerüstjoche in die Richtung der Brücke eingerammt, wovon jedes der drey Seitenjoche aus drey und die mittlern drey Joche aus fünf Pfählen bestand. Von zwey Jochen schlofs jedes einen steinernen Pfeiler des Fufsweges ein, welche Pfeiler also auch der Rüstung als Stütze dienten. Ueber diese Joche wurden, der Queere nach, 9 Rüsthölzer gelegt, worauf man die Unterlager der untern Verbindungsschwellen, nach der Form des Bogens, anordnete.

§. 123. Folgende Erfahrung ist bey dieser Brücke gemacht worden. Die Schwere des Pflasters von 10169 Centner (§. 69.) hatte den Bogen bis Ende 1812 so verändert, dafs die Mitte des linkseitigen Schenkels sich 11 ½ Zoll abwärts ge-

senkt hatte. Hierdurch war die rechte Hälfte des Bogens, etwa auf ein Drittheil von dessen Mitte angerechnet, sechs Zoll gestiegen. Ich liefs daher das enorme hohe Pflaster von der Brücke wegnehmen, und das gegenwärtige, welches, wie wir §. 69. gesehen haben, 4730 Centner beträgt, sorgfältig legen. Da die Mitte des Bogens, seit der Erbauung der Brücke sich nicht gesetzt hatte, so glaubte die Localbauinspection, dafs, als der linkseitige Schenkel des Bogens nach Hinwegnahme des Pflasters, beynahe in seine vorige Form zurückgesprungen war, die Mitte des Bogens mehr als mit dem blofsen Steinpflaster beschweren zu müssen, um für die Zukunft einen ähnlichen Fall zu verhüten; sie liefs, in dieser Absicht, noch zwischen den Rippen, den obern Tragschwellen und den Strafsenträgern, grofse Steinplatten, die eine Last von etwa 40 Centner ausmachen mögen, auf festgemachte Bretter legen. Dieses konnte ich nicht billigen, weil auf diese Weise die Nässe zwischen den Rippen, Schwellen und Strafsenträgern sitzen bleibt, diese Hölzer folglich selten trocken werden, und bald faulen müssen. Ich werde daher diese Steine im Laufe dieses Jahres wegnehmen lassen. Um den schweren Fahrweg noch mehr zu unterstützen, und künftig die unverständige Benutzung, welche darin besteht, dafs die Artillerie und Cavallerie, ja selbst die Frachtwägen darüber im Trabe fahren, unschädlich zu machen, habe ich im Herbste 1813 die Stützschwellen 1, 2, 3, 4, 5, 6 F. 3. u. IV. anbringen, und in allen Schwellenfeldern ohne Unterschied die doppelte Lage von Windruthen einspannen lassen, wie dies F. V. VI. zeigt, und die sich an Stützklötze anspannen.

Ich mufs noch bemerken, dafs die Schrauben nicht nach dem Mittelpuncte durch die Schwellen gezogen sind, wie dies in Fig. III. und IV. angedeutet ist, sondern dafs sie alle vertical stehen und dafs die Brücke vollkommen ihre Bogenform, nachdem man das anfänglich darauf gelegte schwere Pflaster weggenommen, wieder annahm, und dafs sie diese Form auch jetzt (1814) hat, nachdem das neue Pflaster darauf liegt. Diejenigen, welche demnach eine ähnliche Brücke erbauen wollen, werden gut thun, gleich anfänglich die bey dieser Brücke später angebrachten Stützstreben und doppelten Windruthen anzuordnen.

Vorschlag bey Kehlheim über die Donau eine Bogenbrücke zu errichten. Tab. 119.

§. 124. Der im Januar 1809 vorgefallene Eisgang der Donau hatte in und bey der Stadt *Kehlheim* so grofse Verheerungen angerichtet, dafs man den Schaden zu achtzig tausend Gulden schätzte *), und die daselbst gestandene Pfahlbrücke fortgerissen. Ich habe daher den Vorschlag gemacht, die Stadt Kehlheim und die Landrichters-Wohnung *L* vermittelst dreyer Steindämme *G F* (man sehe die Karte), Tab. *E* und *D*, so wie mit einer neuen Chaussee *B C*, gegen die Anfälle der Eismassen zu schützen,

*) Die auf Tab. *D* dargestellte Karte giebt von dem Locale Aufschlufs. Dieses Kupfer gehört nämlich zum ersten Bande.

und zu ihrer ungestörten Abführung eine Bogenbrücke *A B*, von drey Oeffnungen, jede zu 180′ Weite und 12 Schuh Höhe Fig. XI. Tab. 119. nach eben der Construction, nach welcher die *Vilshofer*-Brücke erbaut ist, und nur mit dem Unterschiede, daſs die Seiten- und Diagonalbögen der mittlern Oeffnung aus doppelten Curvenlagen neben einander bestehen sollen, damit der ganze Brückenkörper die gröſstmöglichste Stabilität erhält, und daſs anstatt der in den ersten Schwellenfeldern über die Bögen liegenden Balken, Stützsäulen *a*, *a* stehen sollen, zu erbauen. Jedes Joch hätte dreyzehn Jochpfähle erhalten, mit einer Verschaalung umgeben, und im Innern mit Steinschutt und Cement gefüllt werden sollen. Um die Joche würde ich groſse Felsenstücke, die man in der Nähe hat, bis zwey Schuhe über den niedrigsten Wasserstand werfen, und oben regelmäſsig legen lassen. Zu den Widerlagern würde ich die sehr festen Steine des alten Thurmes *T* verwenden. Da die gröſsten Steine in der Nähe sind, und das Landgericht, so wie die Stadt Kehlheim, sich zur Natural-Concurrenz erboten hatte, überdieſs die Stadt das Holz aus ihren Waldungen liefern kann: so scheint diesem Vorschlage nichts entgegenzustehn.

Die Gegend von *Kehlheim* gehört übrigens zu den schönsten Landschaften, die ich kenne; sie hat für den Ingenieur auch noch ein besonderes Interesse, indem man oberhalb Kehlheim den Anfang von Felsensprengungen antrift, die ich zum Behuf des Ziehweges habe anfangen lassen.

Beschreibung der bey Markl über den Innfluſs zu erbauenden Bogenbrücke.
Tab. 19. Fig. XII.

§. 125. Bey dem Dorfe Markl führt die Wiener-Münchner Chaussee über eine durchaus baufällige Jochbrücke, die jährlich groſse Kosten verursacht, und dem Zweck einer so wichtigen Communication nicht entspricht. Hier wäre also eine Bogenbrücke von drey Oeffnungen, jede zu 148 Schuhe, mit 12 Schuhe Bogenhöhe, nach der nämlichen Construction zu erbauen, welche ich bey der vorhergehenden Kehlheimer Brücke vorgeschlagen habe. Es ist daher überflüssig, dieselbe weiter zu entwickeln, und ich bemerke nur noch, daſs ich an der Jochbrücke seit 1810 mehrere Hauptausbesserungen habe vornehmen lassen. Jetzt werden aber wohl die Zeitumstände, den Bau einer Bogenbrücke, der seitdem bey *Braunau* noch nothwendiger geworden ist, noch mehrere Jahre versagen.

Beschreibung der bey Kufstein über den Innfluſs zu erbauenden Bogenbrücke.
Tab. 19. Fig. V. bis IX.

§. 126. Die jetzige äuſserst baufällige Brücke sollte im Jahre 1809 durch eine Bogenbrücke ersetzt werden, womit auch Ende März der Anfang gemacht war, als der Krieg ausbrach, der den Bau bis jetzt unterbrochen hat. Diese Brücke sollte aus drey Oeffnungen, jede zu 115 Schuh Weite, bestehen, und die Bogenhöhe 10 Schuhe

betragen. Der Anfang der Bögen *c* Fig. 6., und die Oberfläche der Traggurte *a b* sollen bis zum höchsten Wasserstand gelegt werden; die beyden Seitenrippen *c a* Fig. 7. sollten mit den zwey Diagonalrippen *d* dergestalt verbunden werden, wie dies in Fig. 7. und 9. dargestellt ist. Die Verbindungsschwellen *N* sollten auf 12½ Schuh Abstand gelegt werden, und 13 Zoll hoch, und 11 Zoll breit seyn. Jedes Joch sollte aus fünfzehn 16 Zoll starken Pfählen bestehen, die Traggurten *a b* aber aus festem Stein gemacht, und mittelst Schrauben *a* zusammen gezogen werden, um dem Eisgange desto besser zu widerstehen. Die Brücke würde 28 Schuh breit seyn. Die gröfsten Schrauben sollen eine Stärke von 1½ Zoll erhalten. Endlich würden die zwey äufsern Bogen in die Widerlager eingelassen, wie dies Fig. 6. und 8. zeigen. Statt der Joche könnte man hier auch, wie bey Mühldorf, sechs Fufs dicke Pfeiler anwenden. Die besondern Verhältnisse Tyrols und die Nähe der Festung haben dem Bau einer Bogenbrücke im Wege gestanden. Ich liefs daher die alte Brücke ausbessern; ob die Erneuerungen mehrerer Jochbrücken den Bau einer soliden Brücke versagen werden, mufs die Zeit lehren.

In welcher schönen Gegend diese Brücke erbauet werden würde, davon giebt die perspectivische Ansicht Fig. 5. einen Begriff.

Beschreibung der bey Altenmarkt über den Alzflufs im Jahre 1809 erbaueten Bogenbrücke.
Tab. 119. Fig. 1. bis 4. und Fig. 11. 13. bis 16.

§. 127. Die Ufer des *Alzflusses* bestehen aus einem Nagelfluestein (Breccia), der viel Thon und Sandgeschiebe zwischen sich aufgenommen hat, und sowohl im Herbste als nach dem Aufgange des Frostes, von den Bergen herunter rollt. Längs seinem hohen Ufer (der *Auberg* genannt) bey dem Dorfe Altenmarkt, welches auf der von München über Wasserburg nach Salzburg gehenden Chaussée liegt, geht eine der Hauptstrassen des Königreichs, von Wasserburg nach Trosberg und Braunau. Die Passage war hier, bey anhaltenden Regen, auf eine Länge von 500 Schuh, gefährlich, weil die von ihrer Umgebung entblöfsten Steinmassen von dem *Auberge* herunter und auf die sehr schmale Chaussée stürzten. Vor einigen Jahren hatte man sich daher entschlossen: einen Theil dieses einige hundert Schuhe hohen Berges abzusprengen zu lassen. Vergebliche Bemühungen! Die Erfahrung lehrte bald, dafs die auf den Anfang der Unternehmung verwendeten Tausende nichts bewirkten. Es wurden daher auf meinen Vorschlag die Umgehung des Berges mit einer neuen Bogenbrücke *A* Fig. 1. 11. und 13., und einen Durchlafs *B* über den Mühlgraben, womit zugleich ein Weg von 700 Schuhe, wenn man von Salzburg kömmt, erspart wird, zu erbauen beschlossen. Diese Bogenbrücke ist es also, deren Bau wir näher kennen lernen wollen.

Da die Alz zu den reissendsten Flüssen gehört, und insbesondere bey diesem Local einige Wasserstürze über ein Felsenbett macht Fig. 1., so war es nothwendig, eine Brücke ohne Joche zu erbauen. Ich bestimmte für ihre Bogenweite 148 Fufs,

für die Bogenhöhe 14, für die Breite der Brücke 28 Schuh, und liefs den Hauptbogen aus vier einzelnen Rippen 1, 2, 3, 4, Fig. 13. bestehen. Bisher hatten einige Gegner dieser Bauconstruction die Bemerkung gemacht, dafs man sie nur in den Ländern ausführen könnte, wo sich starkes Nadelholz befände. Diese Einwendung zu vernichten, und bey der Construction der Bogenbrücken abzuwechseln, dazu fand ich in dieser Gegend, wo es an starkem Nadelholze fehlte, die erwünschte Gelegenheit. Die zwey Seitenrippen bestehen daher aus dünnen Curven, welche nur 11 Zoll hoch, und 10 Zoll breit sind, die zwey mittlern Rippen aber aus 8 Zoll breiten, und 2 Zoll hohen fichtenen Brettern. Zu diesen sind nämlich unten und oben 3 Zoll starke Bretter *a b* und *c d* F. 3. genommen, davon nur drey der Länge nach gebraucht wurden. Zwischen denselben liegen 12 Stück um einen Zoll dünnere Bretter, deren Länge 19 bis 21 Schuhe beträgt, aufeinander. Wir sehen daher, dafs nicht durchaus starke Hölzer zu dieser Bauart nothwendig sind. Vielmehr kann ich behaupten, dafs die Verbindung vieler dünnen Bretter eine gröfsere Tragkraft giebt, als ein einzelnes Bauholz von gleicher Stärke, wenn man nur die Seitenausbiegung verhindert. Diese Bretter werden nämlich mittelst Kohlfeuer erwärmt, dann wird die Oberfläche des untern, und die untere Fläche des darauf kommenden Brettes mit Tischlerleim dünn bestrichen, und so wird das untere Brett oder die untern Bretter, und das obere Brett, mit Zwingen dergestalt zusammen geprefst, dafs alle nur einen Holzkörper bilden. Ich habe ähnliche Verbindungen von 21 drey Linien dicken Brettern machen lassen, ihre Stärke geprüft und gefunden, dafs sie weit mehr, als ein einzelnes so stark gewachsenes Holz trugen. Dieses ist auch begreiflich, wenn man erwägt, dafs die Fibern in jedem Brette anders, als in dem daran stossenden liegen, folglich ihre Zerreissung nicht so leicht möglich ist, als bey einem aus dem Ganzen gewachsenen Bauholze. An den Seiten eines so geleimten und zusammen gezwängten Bogens, worin die Fugen wenig sichtbar sind, wurden 2″ dicke Bretter *e f* Fig. 3. angeleimt, um die Fugen selbst gegen das Eindringen der feuchten Nebel und des Schlagregens zu schützen, und die Tragkraft des Bogens zu vermehren. Diese eichenen etwa 10 Schuh langen Bretter wurden nach der krummen Linie des Bogens ausgeschnitten; denn bekanntlich kann man die auf die hohe Kante gestellten Bretter nicht krümmen, weil sie sich gleich seitwärts ausbiegen.

Solche Verbindungen der kleinen Bretter zu einem ganzen Bogenstück, deren Stofsfugen x Fig. 3. abwechseln müssen, kann ich nicht genug beym Bau der Bogenbrücken und bey Treppen, kurz überall, wo man stark gekrümmte Bauhölzer nöthig hat, empfehlen. Die einzelnen Bretter lassen sich nämlich nach der Lehre selbst in Windungen krümmen; folglich ist eine Zusammensetzung davon zu Bogenbrücken und Treppenträgern sehr geschickt. Die Verbindung der vier Rippen ist mit 17 Verbindungsschwellen *w* Fig. 4. und den dadurch gehenden Schrauben 5 bewirkt worden. Ihre Seitenausbiegung hofte ich durch die Einspannung des Bogens in die Widerlager

zu verhindern, an deren hintere Wand sie sich anstützen. Auch sind in dieser Hinsicht in den zwey den Widerlagern zunächst liegenden Schwellfeldern Windruthen *w w* Fig. 12. angebracht. Diese Widerlager, wovon in Fig. 15. das rechtseitige dargestellt ist, sind auf einen aus Kiefern bestehenden Schwellrost gegründet, wovon nur eine Rostschwelle *k*, *l*, auf zwölf Grundpfählen ruht, weil das Flufsbett aus sehr groben Kieseln besteht, längs den Widerlagern ein Faschinenbau gelegt ist, der mit sehr grofsen Nagelfluesteinen beschwert wurde, folglich die Unterspühlung der Widerlager nicht möglich ist. Die Rostfelder sind mit Flufskiesel und Cementmörtel, aus zwey Theilen Flufssand, einem Theil Ziegelmehl und zwey Theilen frisch gelöschten Kalk bestehend, ausgemauert, und dieses Mörtels hat man sich zu den Widerlagern vier Schuh hoch bedient. Diese bestehen vorne aus den gröfsten Werkstücken von Nagelflue, wovon einige 30 bis 48 Cubikschuh enthalten, und die nach fünf Seiten behauen sind. Zum Bruchsteingemäuer wurden, aus dem Flufs, grofse und kleine Kiesel genommen. Die Nagelfluesteine sind aus den Steinbrüchen *y* und *x* Fig. 2. mit Pulver gesprengt. Davon wiegt der baierische Cubikschuh 110 Pfund. Drey Steinsprenger bohrten mit einem Meiselbohrer ein drey Zoll weites Loch in einer Stunde 6 Zoll tief. Für das Behauen von 36 Cubikschuh dieses äufserst festen Steines, wurden sechs Gulden bezahlt. Den Bau dieser Brücke vertraute ich dem Bau-Ingenieur Regauer, der meines Zutrauens bey mehreren Bauten sich würdig gemacht hatte. Am 7. Juny 1809 erst fieng man an, das Bauholz zu hauen, am 12. das Steinsprengen, und schon von dem 29. July bis zum 1. August wurde der linkseitige Rost, vom 16. bis 18. der rechtseitige gelegt. Vom 2. August bis 11. September waren beyde Widerlager bis zur Kammersohle mit 549 Mauer-Tagesschichten und 490 Handlanger-Tagesschichten, wobey die letztern die Steine auf Rollwägen 500 Fufs weit transportirten, aufgemauert; die Transportrüstung Fig. 2. war von der Chaussée *G* bis zum linkseitigen Widerlager *E* vom 17. bis 28. July mit 65 Tagesschichten gemacht; der übrige Theil dieser Rüstung *E D C* war vom 31. July bis 19. August so weit gediehen, dafs man die Rostpfähle zum rechtseitigen Widerlager darüber transportirte. Die Hauptflufsrüstung *H I* F. 2. und 16., wovon der Queere nach nur noch drey Pfähle einzurammen waren, weil der Pfahl *H* zur Transportrüstung *K*, deren obere Pfähle *l*, so tief es erforderlich war, abgeschnitten wurden, bereits geschlagen war, ist vom 21. August bis zum 2. September, mittelst 107 Zimmermanns-Tagesschichten gemacht worden. Ihre Pfähle standen 5 bis 6 Fufs tief in den Grund, sind 8 Zoll im Mittel stark, und haben drey Pfund schwere eiserne Schuhe erhalten. Auf diese Pfähle sind die Kronschwellen *m*, mittelst Klammern, befestigt.

Am 9. September wurde die Aufrichtung der Brücke angefangen, nachdem das Fufsgerüste ganz mit Deckhölzern *i* belegt wurde, so, dafs die Arbeiter darauf einen sichern Stand hatten. Eine Einrichtung, die nichts kostet, weil mit eben diesen

Hölzern der Brückenweg belegt wird, und die sehr bequem und sicher ist, so wie auch viel zur Beschleunigung der Arbeit beyträgt.

Dem Bogen dient der Stützkörper *m* Fig. 2. und 13. zur Steifigkeit. Derselbe hat eine Dicke von acht Schuh. Die sämmtlichen Schrauben dieser Bogenbrücke wiegen 3384 Pfund, und kosten 1071 fl. 36 kr.; 38 grofse Schrauben haben 1½ Zoll Durchmesser, und 58 einen Zoll Durchmesser. Von den ersten sind einige 19 Schuh 5 Zoll lang, und wiegen, mit den Schraubenmuttern und dem Knauf, 110 Pfund. Der Fufs Längenschuh wiegt beyläufig 4 Pfund 24 Loth, und von den kleinen Schrauben 2 Pfund 2 Loth. Am 29. December 1809 liefs ich die Brücke ausrüsten; und bald darauf wurde sie dem Publikum eröffnet. Sie setzte sich gar nicht, und auch bis jetzt ist nicht die geringste Setzung des Bogens zu entdecken. Aber es trat dabey ein andrer Umstand ein, den ich anführen mufs, um nichts unbemerkt zu lassen, was für die Brückenbaukunde nützlich ist. Die schmalen Curven der zwey äussern Rippen und die schmalen innern, aus Brettern zusammen gesetzten Rippen boten dem Winde, der hier in dem engen Thal öfters heftig ist, und auf dem hoch gestellten mit einer Verschaalung bekleideten Bogen, nicht einen hinreichenden Widerstand dar; und hiezu kam, dafs die Brücke von allen Fuhrleuten, der bequemen Wendnng in die enge Dorfsgasse wegen, nur auf der untern Seite befahren wurde, was man mit anzulegenden Trottoirs vermeiden sollte. Kurz, der Bogen war 1812 vier Zoll stromabwärts von der verticalen Ebene gewichen. Bey meiner ersten Geschäftsreise ordnete ich an: dafs derselbe in die ursprüngliche Vertical-Ebene gebracht, und alsdann in alle Schwellenfelder Windruthen eingezogen werden sollten; den ursprünglich waren nur in den den Widerlagern am nächsten zwey Schwellenfeldern solche Spannstreben eingesetzt. Es wurden also in dem in der Alz liegenden Felsen zwey Löcher gebohrt, worin man starke Eisen einsetzte, von diesen wurden zwey dicke Seile nach zwey unter dem Bogen, auf dessen Verbindungsschwellen befestigte Zugwellen angebracht, und vier Mann an der Welle spannten diese Seile nach und nach, vermittelst durch die Welle gesteckter Hebel, dergestalt an, dafs der Bogen seinen vertical-Stand erhielt. Jetzt wurden die Windruthen in allen Schwellenfeldern eingezogen, und seit dieser Zeit (März 1812) ist nicht die geringste Veränderung am Bogen und an der Brücke zu entdecken. Der Bauingenieur *Regauer* hat diese Brücke ausgeführt.

Beschreibung der über den Vilsflufs bey Vilshoven in Baiern im Jahre 1809 *erbauten Bogenbrücke.* Tab. 115.

§. 128. Der *Vilsflufs* mündet sich bey dem Städtchen Vilshoven in die Donau, und zwar so, dafs dieser Flufs von den Eismassen der Donau öfters zu einer aufserordentlichen Höhe anschwellt.

Seit hundert Jahren hatten hier die öfters zerstörten Pfahlbrücken 40000 fl. gekostet. Man hatte vormals 1) die Joche, weil die Pfähle nicht in das Felsenbett eingerammt werden konnten, in drey grofse Halbpfeiler, die aus mehrern mit Steinen gefüllten Schwellrosten bestanden, eingesetzt; folglich bedeutende Ausgaben gehabt, die gegenwärtig bey der Construction *eines* Bogens wegfallen. 2) Hatten die Schiffe keinen Bergeplatz, während den die Brücke zerstörenden Eisgängen. Diesen erhält man jetzt hinter dem rechtseitigen Fahrdamm, wo eine grofse Anzahl von Schiffen und Nachen zum Ueberwintern Platz findet.

Diese Bogenbrücke Fig. I. und II. habe ich aus einer Oeffnung von 185 Schuh Weite gemacht, und ihn eine Breite von 28 Schuhen gegeben. Die Bogenhöhe betrug 12 Schuh bey der Aufführung. Wie die Diagonalrippen der Brücke eingerichtet sind, zeigen Fig. II. III. und IV., so, dafs in Beziehung auf die Ettringer Brücke §. 114. eine weitläufige Beschreibung unnöthig wird. Ich bemerke daher nur folgendes. 1) Die aus Fichten und Tannenhölzer bestehenden Curven sind 16 bis 18″ stark. 2) Die Diagonalrippen *a b*, *c b*, *d b* und *e b* Fig. III. und IV. stehen 3 $\frac{1}{2}$ Fufs höher als die Seitenrippen, um die Tragkraft der Brücke zu vermehren. Das längs der Hälfte der einen Diagonalrippe genommene Profil Fig. IV. macht dies nämlich anschaulich. 3) Haben beyde Widerlager hinten eine Mauer *m* Fig. III. von 12 Schuh dicke. Da das Bett des Vilsflusses aus Felsen besteht, so konnten die Widerlager eines Pfahlrostes entbehren, und nur das rechtseitige Widerlager hat einen aus sehr grofsen Nagelfluesteinen bestehenden Rost erhalten. Sie bestehen aus Mauern von Ziegeln, Nagelfluesteinen und vorne aus Granit. In der Mitte ist darunter, wo die Widerlagkammer liegt, ein Bogen aus Ziegel, zur Ersparung einer grofsen Mauermasse gesprengt worden. Das Mauerwerk geht bis über die Bogenrippen hinauf, so dafs diese und die Stützschwellen davon eingeschlossen sind. 4) Das rechtseitige Widerlager stöfst an den Chausseedamm *s* Fig. IV., dessen Seitenmauern von unten herauf bis *n* perpendicular stehen, dann aber schräg laufen. Sie treten hinter der Schultermauer (*f g* F. III.) des Widerlagers, bis zur Linie *h i* sechs Fufs zurück. Die Ansicht des linkseitigen Widerlagers ist in Fig. V. sichtbar, woraus hervorgeht, dafs die untern Steinlagen zum Theil in das felsigte Flufsbett eingelassen sind. 5) Der in der Mitte der Brücke genommene Queerschnitt Fig. VI. giebt die Art der Kuppelung oder des Schlusses der Diagonalrippen, die Anstofsung der Windruthen *k* auf die Mittelschwellen, die Lage der beyderseitigen Curven *b* und der Verbindungsschwellen *N* zu erkennen. 6) Die langen eisernen Schrauben haben eine Stärke von 1 $\frac{1}{2}$, die mittlern von $\frac{3}{4}$ und die kürzesten von einen Zoll. Sie wogen 4030 Pfund und kosteten 1410 Gulden. 7) Den Werksatz Fig. VII. VIII. IX. und X. habe ich nach einer sehr bequemen Construction eingerichtet. Auf drey Gerüstschwellen *a a a* standen die Gerüststützen g g auf einen Abstand von 16 Schuh, von denen drey Reihen auf jeder Seite mit Queerbän-

dern *r r* Fig. 8. und 10. verbunden waren. Zum Herunterhalten der Curven wurden Zugstützen *h h h h* angebracht. Da, wo die Diagonal-Rippen zusammenstoſsen, muſste auch eine Zugstütze angebracht werden, die an die untere Schwelle befestiget war. Sie verhinderte das Aufspringen der ersten Lage von der Bogenkuppelung. Dieser Werksatz kann leicht etablirt werden, weil keine Pfähle dabey eingerammt sind. Das Holz davon war gröſstentheils zur Brücke anwendbar, und die Zimmerleute fanden unter dem Werksatze überall Platz zum Manöver ihrer Arbeiten und zum Transport der Bauhölzer. Zur Aufführung des rechtseitigen Widerlagers errichtete man Fangdämme, zwischen denen der Raum vom Wasser geleert werden sollte. Das Felsenbett hatte aber Klüfte, und lies viel Wasser durch, so daſs ich am 22. August die Ausfüllung mit groſsen Steinblöcken, über welche Cementmörtel gegossen wurde, und einen Steinrost darüber anordnete.

Diese Brücke hat wie die in Tab. 115. dargestellte perspectivische Ansicht zeigt, ein vorzüglich schönes Local und in der Entfernung sieht man unter derselben den Donaufluſs und dessen linkseitiges Ufer.

Die Lage der Stadt gestattete hier nur eine geringe Bogenhöhe, so daſs diese Brücke zu den kühnsten gehört; die ich erbaut habe. Indessen wurde sie während des Kriegs aufgeführt, und die Artilleriezüge waren unzählbar, die im Trabe darüber hingesprengt wurden. Hiezu kam noch: daſs man sie, in meiner Abwesenheit, mit einer dicken Kiesdecke beschwert hatte; der Bogen senkte sich daher, ein Jahr nach der Erbauung, um 18 Zoll, und die Schifftungen fingen sich an zu trennen. Ich reiste, nachdem ich dies erfahren, gleich nach Vilshofen, lieſs die Kiesdecke wegnehmen, und die Brücke mit zehn Schraubgeschirren 12″ aufrichten, in die getrennten Stellen eiserne Keile eintreiben, und von den Widerlagern ab zwey Stützstreben (S. Fig. III.) anbringen, die Schraubgeschirre wegnehmen, und machte den Bogen frey. So steht auch jetzt (anfangs 1814) diese Brücke, ohne daſs sich ihr Bogen von neuem gesenkt hätte. Aber die Vorsicht gebietet dem Ingenieur immer mehr zu thun, als die augenblicklichen Ereignisse erfordern. Ich habe deſswegen die Einziehung aller in Fig. III. angedeuteten Windruthen angeordnet, denn bis jetzt sind deren nur in den zwey mittlern Feldern welche angebracht. Vielleicht lasse ich, wie bey der Brücke von Ettringen, auch noch, in der Mitte, eine Bogenrippe anbringen. Auf diese Weise wird also diese Brücke eine gröſsere Stabilität und Tragkraft erhalten, und ich rathe: diese Maaſsregeln gleich anfänglich, bey einem ähnlich construirten, so groſsen und flachen Bogen, anzuwenden.

Diese Brücke ist vom Bauingenieur *Lacher* ausgeführt worden.

Beschreibung der bey München, wegen Verhütung der Inondationen, i. J. 1809 von mir vorgeschlagenen Bogenbrücke, von zwey hundert sechs und achtzig Fuſs Oeffnung.

Tab. c zum I. Bande und Tab. 116. zu diesem Bande.

§. 129. Daſs der Isarfluſs in der Nähe der Hauptstadt sehr oft seine Ufer übersteigt, einen bedeutenden Theil dieser Stadt und einige Vorstädte überschwemmt, habe ich bereits im I. Bande S. 282. angeführt, und darin von denjenigen Fluſscorrectionen gehandelt, welche ich mit der Isar, unterhalb München, bewerkstelligte. Wenn der Ingenieur auf der Karte T. c diesen merkwürdigen Fluſsbezirk analysirt, und dasjenige liest, was ich darüber im I. B. vorgetragen und wie ich ihn verbessert habe; auch die darin gemachten Vorschläge prüft: so wird derselbe eingestehen müssen, daſs die groſse Brücke *H*, wovon die Ansicht in Fig. 2. Tab. 116. und Fig. 3. Tab. *c.* dargestellt ist, eine wesentliche Ursache der Hochgewässer war. Diese steinerne Brücke hatte nämlich neun Bögen; und da sie in einer gegen den Strom hervortretenden Bogenkrümmung lag, so würden alle neun Bögen den Strom eine Profilweite von 189 Schuh dargeboten haben, wenn man nicht auf jeder Seite eines Pfeilers fünf Schuh für die durch den Pfeiler verursachte Aufstauung hätte abrechnen müssen, so daſs diese Profilweite mit den Pfeilern des Flusses in keinem Verhältniſs stand. Hiezu kam noch, daſs unterhalb dieser Brücke, queer durch den Fluſs, ein aus Pfählen und Schwellen bestehender Grund-Rost Fig. 2. Tab. 116. angelegt worden war, welcher das natürliche Fluſsbett, folglich auch den natürlichen Wasserstand um 4 Schuh erhöhte, und daſs endlich die Hochgewässer alle Bögen gänzlich füllte, so daſs diese Bögen den hohen Strom nur ein Profil von 109 Schuh darboten.

2) Liegt auf der innern Isar oder dem floſsbaren Arm, die Brücke *E* Tab. *c*, die in Fig. 3. dargestellt ist und drey gemauerte Bögen hat, welche einem 12 Schuh hohen Gewässer eine Profilweite von 178 Schuh darbieten. 3) Wie das Längenprofil Nr. V. Tab. *c* und das im I. Bande Seite 290 beygebrachte Nivellement zeigt, so haben diese zwey Brücken am 16. August 1807 den Strom dergestalt aufgestaut, daſs er oberhalb denselben 16 Fuſs 9 Zoll stand, während derselbe, unterhalb, die Höhe von 14 Fuſs 5 Zoll erreichte, so daſs diese Brücken einen Wassersturz von zwey Schuh vier Zoll bildeten. Kein Wunder daher, wenn bey dem Eintritt jeder Ueberschwemmung der Wunsch entstand, die äuſsere Brücke abzuändern; aber leider blieb es bey diesem Wunsche, wiewohl ich in dem ersten Hefte meiner Beyträge zur Wasser- Brücken- und Straſsenbaukunde 1808 auch in den Beyträgen zur Brückenbaukunde 1809 so wie in dem ersten Bande dieses Werks 1811 die Schädlichkeit dieser Brücken bewiesen, und in der vorletzten Schrift Seite 55 den Vorschlag zu derjenigen Bogen-Brücke gemacht habe, welche ich bald näher beschreiben werde. Ja, man fand es nicht einmal der Mühe werth, den durch das Fluſsbett unterhalb der Brücke gehenden schädlichen Rost wegzubrechen, und ich durfte um so weniger auf seine Weg-

nahme dringen, als ich nach der elenden Fundation der grofsen steinernen Brücke zu schliefsen berechtigt war, dafs sie über kurz oder lang einstürzen müfste, welche Behauptung ich sehr oft äufserte. Diese Brücke wurde nämlich von der Commune München unterhalten, welche auch die auf Tab. *c.* angedeuteten und dem ersten Bande Seite 283 zum Theil beschriebenen Ueberfälle, durch ihre Bauinspection besorgen läfst; Bauten, mit denen ich nichts zu schaffen habe. Wäre auf mein Andringen dieser Rost wirklich abgebrochen, und die Brücke, wie es 1813 geschehen ist, eingestürzt: so würde man mir die Schuld beygemessen haben, welche wahren Ursachen auch den Einsturz bewirken mochten. Nachdem ich sowohl im I. Bande als hier bewiesen habe; dafs diese Brücke eine mitwirkende Ursache zu den schädlichen Ueberschwemmungen gewesen ist, und ich zu der späterhin zu liefernden Beschreibung der im Bau begriffenen steinernen Brücke einen Zusatz, wegen Erbauung eines Durchlafswehres, machen werde: so komme ich zum bereits 1809 entworfenen Plan einer hölzernen Bogenbrücke, welche in der 116. Kupfertafel dargestellt ist.

Nach der hydrometrischen Bestimmung kann sie aus einem Bogen von 286 Schuhe bestehn; dessen Höhe betrage 22 Schuh. Damit sich drey Wägen bequem ausweichen (Fig. 18.), so gebe ich der Brücke eine Breite von 40 Schuh. Die Construction der massiven Widerlager, welche auf einen Pfahl- und Schwellrost gelegt werden müssen, ist in Fig. 4. und 5. dargestellt. Die zwey Seiten-Rippen 1 und 5 sollen aus doppelten Curvenlagen *a* und *b* Fig. 18. nebeneinander bestehen; bey dem Anfange des Bogens aus fünf und in der Mitte aus drey Curven übereinander, wie dies in Fig. 4. und 5. dargestellt ist. Die zwey Zwischen-Rippen 2 und 4 (les cintres intermediaires) Fig. IV. und V. bestehen, aufser in den vier mittlern Schwellfeldern, aus zwey Curven *c*, *d*, über einander. In diesen vier Feldern ist aber noch ein vor seiner Aufbringung in der Mitte ½ Schuh stärker, als es die Bogenlinie erfordert, gekrümmter Balken *i* Fig. 11. und 12., auf die zwey Curven *c d*, gelegt und mit eben denselben Schrauben *x* Fig. 5., welche durch die Verbindungs-Schwellen N N und jene Curven gehen, niedergezogen. Dieser gekrümmte Balken spannt die Mitte des Bogens der zwey Rippen 2 und 4; vermehrt ihre Stabilität und ihre Tragkraft. Der Bogen-Rückgrad 3 hat an den Enden fünf und in der Mitte drey Curven übereinander. Wie in den mittlern Feldern die Kreutzstreben oder Windruthen *e f g h* an ihre Stützklötze K und zwischen den obern Verbindungs-Schwellen *u* anstemmen, zeigen Fig. 11. und 12. Die Windruthen *o p q r* Fig. 4. in den übrigen 20 Feldern gehen von der mittlern bis zu den zwey äussern Rippen und ruhen bey dem Kreutz auf die Zwischen-Rippen 2 und 4, wie dies in Fig. 3. 4. und 5. deutlich gezeigt ist. Die untere Verbindungsschwellen N und die Curven sollten wenigstens 15″ zur Höhe und 13″ zur Breite erhalten. Das Geländer sollte aus Eisen bestehen, worauf in der Mitte zwey Laternen (Fig. 1.) an den Abfahrten aber vier Laternen anzubringen sind. Sechs Strafsenträger und fünf Schlufsbalken

sollten die Brückenstraſse tragen, die in der Mitte aus Steinpflaster und an der Seite aus Steinplatten bestehen muſs.

Damit diese Brücke die gröstmöglichste Stabilität erhält, so muſste das Innere der Widerlagkammer ausgemauert werden. Eine weitläuftigere Beschreibung ist überflüssig, da die auf Tab. 116. gelieferten Zeichnungen die Construction deutlich darstellen.

Auf diese Weise würde, eine allen hydrotechnischen, ökonomischen und ästhetischen Bedingnissen entsprechende Brücke entstanden seyn.

Mit dieser Brücke sollte die Verschönerung des Einganges in die Residenz, welche nur durch die anhaltenden Kriege verschoben bleiben muſste, in Verbindung gebracht werden. 1) Bey der Brücke wäre das in Fig. I. von mir entworfene Gebäude zum Vergnügen des gebildeten Publikums zu errichten. Ich benenne es daher Cassino. Der darin angebrachte von oben zu beleuchtende runde Saal (Fig. 13.) könnte abwechselnd zu musicalischen Unterhaltungen, zum Tanz und zu einem kleinen Theater dienen. Auf der Terasse des einen jonischen Peristyls fände das Publicum Platz um Erfrischungen zu nehmen und vor sich hätte es die reitzendste Aussicht; nämlich nach der einen Seite auf einen Wassersturz von 1300′ Länge; oberhalb der Caserne auf einem zweyten gröſsern (S. Tab. 117.); zwischen beyden Wasserfällen aber auf die Stadt, und links auf die Gebirge Baierns. Seitdem ich diese Vorschläge entworfen habe, sind die Umstände durch den 1813 im September erfolgten Einsturz der erwähnten steinernen Brücke verändert worden!

Beschreibung der über die Donau in Baiern bey Neuburg, im Jahr **1810**, *aus einem Bogen, von Einhundert zwey und sechzig Schuh Oeffnung, erbauten Brücke.*

Tab. 123.

§. 130. Bey der Stadt Neuburg an der Donau hat man, um längs ihren Ufern, für die Schifffahrt ein hinreichend tiefes Fahrwasser zu erhalten, einen aus Pfählen und mit Steinen ausgefüllten Damm, der vom rechtseitigen Ufer einer Insel anfängt und sich unten ans feste Land anschlieſst, bis zur Wasserhöhe von fünf Schuh angelegt; wie die perspectivische Zeichnung andeutet; so wird also die Donau, bey einem höhern Wasserstande, in zwey Arme getheilt. Ueber den linkseitigen Arm führt die auf fünf massiven Pfeilern und den Widerlagern ruhenden Sprengwerks-Brücke; über den Hauptarm war i. J. 1810 die aus fünf Jochen bestandene Brücke, wovon jedes Joch neun vierkantige 15″ starke Pfähle hatte, so baufällig geworden, daſs der Bau einer neuen Brücke, von den Localbehörden nachgesucht wurde. Hiezu kam der Umstand, daſs die Schiffer, indem sie wegen der Krümme des Flusses, diese Brücke erst entdeckten, bis sie in ihrer Nähe waren, oft auf ein Joch derselben auffuhren, und die Schiffe zersprengten. Auch besteht das Fluſsbett aus Felsen, so daſs man zu den Jochpfählen 55 bis 60 Pfund schwere Pfahlschuhe hätte

nehmen müssen, um nur die Pfähle 16 bis 18 Zoll einzutreiben; es hätten also die Joche niemals einen festen Stand erhalten können, weswegen man bey jedem Eisgange die Brücke mit grofsen Steinlasten beschweren mufste, um ihre Stabilität zu vermehren, damit sie nicht umgestofsen wurde, welches im Jahre 1790 zuletzt geschehen war. Hinreichende Beweggründe zum Bau einer aus einem Bogen bestehenden Brücke!

Ich construirte diese Bogenbrücke aus zwey Seiten-Rippen und zwey Diagonal-Rippen Fig. 4. 6. Tab. 123.; gab dem Bogen eine Weite von 162, und eine Höhe von 14 Fufs, so dafs sich diese zu jener wie 1 zu $11\frac{6}{10}$ verhält.

Die niedrige Lage der Ufer, der hohe Stand der Donau und die Weite des Bogens setzte meinem Entwurfe einige Schwierigkeiten entgegen, und ich suchte, so gut ich konnte, diese gegebenen Localdaten mit der Construction der Brücke selbst zu vereinigen. Ich liefs daher die Rippen in der Mitte nur aus zwey Curven übereinander bestehn, fügte aber zwey Curvenlagen nebeneinander (F. 9.) und gab dem Schlufsbalken eine starke Neigung (F. 11.) um demselben gleichfalls ein grofses Tragvermögen mitzutheilen. Von den Diagonalrippen besteht jede aus zwey über- und nebeneinander gelegter Curven. Dieselben erhielten 16″ mehr Bogenhöhe als die Seitenrippen, weil über ihren Schlufs *b b* (Fig. 4.) unmittelbar die Deckplanken gelegt wurden, welche über die Strafsenträger des übrigen Theils der Brücke liegen. Dieser mit in Oel und Theer getränkten Sacklinnen überzogenen Schlufs hat also unter sich zwey Schwellen *v* Fig. 11.; wie dessen Curven und Seitenstücke zusammenstofsen, und wie alle diese Theile, vermittelst Schrauben, zusammengezogen sind, zeigen Fig. 4. 5. u. 8. Der sichere Stand des Bogens ist von den in den Widerlagern schräg liegenden Stützschwellen und den Stützsäulen *s* (Fig. 6.) und *c* (Fig. 10.), so bewirkt worden, wie es diese Figuren zeigen. Wie vermittelst den Windruthen die Spannung und Stabilität des Bogens verstärkt worden ist, dies sieht man aus den Figuren 1. 4 u. 6. Die Gründung der Widerlager, diesen ihre Länge und wie die Curvenlagen vor denselben durchschnitten sind und liegen, zeigt das Profil Fig. 7. Zur Rüstung der Brücke wurden drey der Joche von der baufälligen Brücke benutzt, diese sowohl als die Unterlager des Bogens, die äufsere Seite desselben, die Köpfe der Verbindungsschwellen, und der $\frac{5}{4}$ Zoll starken Schrauben, alles dies ist in der 10. und 11. Figur dargestellt.

Der Bau dieser Brücke mufste aus zwey Ursachen aufserordentlich beschleunigt werden: denn 1) mufste man den Flufs auf einer Fähre passiren und das Trinkwasser immer über die Rüstungen führen. Sie wurde bis zum 23. so weit in neun Wochen, vom Anfang ihres Baues, gebracht, dafs ich sie ausrüsten lassen konnte, (II. Band S. 493) und sie wurde darauf für das Publikum eröffnet. Wie die bleierne Röhrenleitung *E* auf die Rüstung liegt, zeigt Fig. *V.*, wie dieselbe aber, auf eine ähnliche Weise, als bey der Rosenheimer Brücke S. 393 unter den Trottoir angebracht ist, zeigt die siebente Figur.

Diese groſse zum Theil aus Eichen, Kiefern und Fichtenholz bestehende Brücke hat die Summe von 14311 fl. 31 kr. gekostet. Der Bauingenieur *Rief* hat die spezielle Leitung des Baues geführt.

§. 131. Ich glaube hier bemerken zu müssen: daſs ich im Jahr 1812 nach einer ähnlichen Construction über die Isar bey *München*, vor dem Dorfe Bogenhausen, eine Brücke aus 3 Bögen, jeden zu 123 Schuh Weite, und aus zwey steinernen Pfeilern von fünf Fuſs Dicke bestehend, so wie einen Bogen, zwey Stunden oberhalb *Füssen*, über den *Lech*, 1813 ausführen lieſs. Auch habe ich in dem Dorfe *Pfronten*, zwischen Kempten und Reiti, über die *Vils* eine ähnliche Brücke errichten lassen, deren Rippen jedoch nur aus einfachen Curvenlagen bestehn.

Beschreibung der über den Innfluſs bey Rosenheim in Baiern Ende 1810 *und Anfangs* 1811 *erbauten aus drey Oeffnungen bestehenden Bogenbrücke, jede zu Einhundert vier und zwanzig Schuh.* Tab. 122. *)

§. 132. Bey dem Städtchen Rosenheim war i. J. 1810 die aus neuen Jochen bestehende Brücke, welche in den letzten Kriegen zum Theil abgebrannt worden war, so baufällig, daſs eine neue erbaut werden muſste. Die Schifffahrt sowohl als die bedeutende Tiefe von 16 Fuſs, die Eisgänge des raschen Inns, dessen groſse, beym mittlern Wasserstande sechs Schuh in der Secunde betragende Geschwindigkeit, riethen zum Bau einer Bogenbrücke, und *seine Majestät der König* genehmigten den von mir entworfenen Plan. Demselben zu Folge sollte diese Brücke drey Bögen, jeden zu 124 Schuh Oeffnung erhalten, eine Breite von 28 Schuh bekommen, und so construirt werden, wie es auf der 122sten Kupfertafel dargestellt ist. Die zwey Seitenbögen haben von ihrer Sehne an, eine Höhe von 12 Schuh, und der mittlere Bogen von 13 Schuh 6 Zoll. Ihr Anfang steht 8′ 9″ über den niedrigsten Wasserstand, und 4′ 9″ unter dem höchsten, der im August 1807 statt fand.

Die beyden aus vier und dreyſsig Stützpfählen bestehenden Joche (Fig. 4. 14. und 16.) so wie die zwey auf einen Pfahl- und Schwellrost (Fig. 20.) aufgeführten Widerlager Fig. 16. bilden die Stützkörper dieser groſsen Brücke. Jedes Widerlager hat eine Länge von 43 Schuh, und eine Dicke von 12 Schuh, und ist, von den Rostschwellen an, 21 Schuh hoch. Hinter demselben sind, in der Richtung der Seitenrippen von den Endebögen, zwey auf Roste gesetzte Stützmauern, von 20 Fuſs Länge und 6 Fuſs Dicke aufgeführt (Fig. 5. und 6.), welche zwey Absätze, jeden von 2′ erhalten haben, so daſs ihre Oberfläche, worüber ein gemauerter Ruhesitz (den man

*) Vorläufig bemerke ich, zur Verständlichkeit des Vortrages: 1) daſs die auf Tab. 122. dargestellte perspectivische Ansicht, Fluſsaufwärts genommen ist. 2) Stellen Fig. 7. und 8. Durchschnitte vor, welche längs einer Rippe, von zwey Bögen, und zwar Fluſsabwärts, genommen sind. 3) Ist Fig. 6. der Aufriſs Fluſsabwärts. 4) Fig. 2. aber Fluſsaufwärts und Fig. 16. ist ein vor dem Widerlager genommener Schnitt. Fig. 12. ist ein Querschnitt bey der Verbindungsschwelle und Fig. 13. ein bey der 2ten Schwelle genommenes Profil.

in Fig. 6. links und rechts sieht) angebracht ist, zwey Schuh breit ist. Unter jedes Widerlager stehen die 12″ dicken *lerchenen* Grundpfähle *) 45 an der Zahl; welche mit einem Rammklotze von 1470 Pfund, 22 bis 25 Fuſs tief, bis zum Stehen, eingerammt wurden. Die aus eben diesem Holze gehauenen Rostplanken (Fig. 21.) haben eine Dicke von 5″, und eine Höhe von 8 Zoll; die Rostschwellen (Fig. 20.) sind 12″ breit, und 10″ hoch. Sie wurden auf die Grundpfähle mit 18″ langen Nägeln und die Rostplanken auf die Schwellen mit 9zölligen Nägeln aufgenagelt, nachdem die Rostfelder mit Kiesel und ungelöschtem Kalk (Fig. 21.) ausgefüllt; welche Masse festgestampft wurde. Wie die ersten fünf Mauerschichten des linkseitigen Widerlagers gelegt worden sind, zeigen F. 21. bis 25., und wie man die des rechtseitigen Widerlagers aufführte Fig. 26. bis 29.; der in diesen Horizontalschnitten weiſs gelassene Raum ist mit Kiesel und frisch gelöschtem Kalk ausgefüllt. Die ersten vier Schichten gehen (Fig. 2.) bis zu der Stützschwelle *e* hinauf.

In den Widerlagern sind die Curven der zwey Rippen in eine Stützschwelle *e* Fig. 2. eingelassen, welche 24″ hoch und 22″ breit ist, und die auf drey auch seitwärts in die Mauer hineingehende Grundschwellen *fff* Fig. 3. ruht. Die zwey Stützschwellen können also von dem Druck des Bogens nicht verrückt werden. Jede erhielt einen Einschnitt weniger als die Bogenrippe Curven hat, weil die unterste Curve gegen eine queerüber gelegte 15″ hohe und 12″ breite Schwelle anstemmt (Fig. 2. und 3.), um die Stärke des Stützpunctes zu vermehren. Auch wurden, zu diesem Behuf, zwey horizontal liegende Kreutze zwischen den Stützschwellen angebracht.

Die zwey Joche Fig. 2. und 15. bestehen jedes aus siebenzehn 55 bis 56 Fuſs langen, und 18 Zoll starken Rundpfählen; ausser einem eichenen sind die übrigen trockenes Lerchenholz. Beyde Joche wurden durch einen Faschinenbau (Fig. 2.) eingerammt, und überdieſs noch 16 bis 18′ in den natürlichen festen Grund (Fig. 14.), so daſs sie im Mittel 30′ 7″ in eine feste Masse stehn. Die Pfahlschuhe sind zu 15 bis 55 Pfund schwer genommen und so gebildet, wie es Fig. 18. zeigt. Jeder Pfahl erhielt im Mittel 2700 Schläge, und rückte nur 4 Linien in der letzten aus 30 Rammschlägen bestehenden Hitze in den Grund; einige Jochpfähle erhielten 3990 bis 6950 Schläge, andere 1260 bis 1530, um bis zum Stehn (bey 4 Linien in der letzten Hitze) gebracht zu werden. Doch! ich beziehe mich, der Einrammung dieser Pfähle wegen auf die im 2ten Bande S. 447. bis 451 und 577. angeführten Resultate.

In drey Jochpfählen wurden in jedem ein eiserner 33 bis 37 Pfund schwerer Tragring *y* (Fig. 14.) von 2″ Dicke und 3″ Höhe eingelassen. Auf diesen Ringen ist die 37′ lange, 17″ hohe und 12″ breite Traggurte (an jeder Seite) gelegt, und beyde Traggurten wurden mit $\frac{5}{4}$ Zoll dicken Schrauben, wovon jede mit ihrem Kopf und der Mutter 19 bis 20 Pfund wiegt, zusammen gezogen. So erhielten nun die

*) Es wog bey dieser Brücke der Cubikschuh ausgetrocknetes Lerchenholz 32 Pfund, grünes 36 Pfund, Eichenholz 42 und fichtenes 25 Pfund.

eichenen Stützsäulen *x x* (Fig. 14.), welche aus zwey Hölzern bestehen, ein sicheres unverrückbares Unterlager. Nachdem man jeder Stützsäule fünf Einkerbungen, für die fünf Curven einer Bogen-Rippe gegeben, und genau senkrecht gestellt hatte, wurden ihre zwey Theile mit vier 12‴ dicke Schrauben zusammen gezogen. Zuvor war aber das Joch mit lerchenen Planken, sowohl unter der Traggurte als oberhalb, bis zur 18″ 8‴ hohen eichenen Kronschwelle verschaalt, und den Zwischenraum hatte man mit Cement, Kiesel und ordinairen Mörtel gefüllt und ausgestampft, um dem Joche die möglichste Stabilität zu geben, folglich auch die Oscillation seiner Pfähle zu verhindern.

Jeder Bogen besteht aus zwey Bogenrippen, die in ihren Anfängen aus fünf, und in der Mitte aus drey doppelt nebeneinander gespannten und mit Querschrauben fest vereinigter Curven zusammen gesetzt sind, wie dies die 8., 14. und 16. Figur zeigen.

Die Tragkraft dieser Brücke ist vermehrt worden 1) von den Stützstreben 1. 2. 3. Fig. 8. 2) Von den zwischen den Schwellenfeldern eingespannten kleinen Windruthen *r* (F. 4.) und den grofsen *s s*, welche sämmtlich an Stützklötze (F. 12. u. 13.) anstossen. Diese letztern Windruthen *s s* gehen durch die zwey obern Schwellen durch. 3) Ist die Stabilität der Brücke von den in den ersten drey Schwellenfeldern aus vier 12″ breiten und 15″ hohen Hölzern, in der Mitte aus zwey neben einander und nach Aussen auch aus zwey aufeinander gelegten Hölzern bestehenden Schlufsbalken *g G* (F. 11.) verstärkt worden, und zwischen diesen ist nun die Tragschwelle *H* eingelassen. Ferner ist 4) die Mitte des Fahrweges oder der mittlere Strafsenträger über der 1ten und 2ten Verbindungsschwelle durch ein Sprengwerk *t u t* Fig. 12. und über der ersten Verbindungsschwelle, durch zwey übereinander stehende Sprengwerke (Fig. 11.) in jedem der zwey Schenkel eines Bogens, unterstützt. *) Durch diese sechs in jedem Bogen angebrachten Sprengwerke und durch die Verdoppelung der Curvenlagen in den Seiten-Rippen, den Stützstreben und doppelten Windruthen ist eine mittlere Rippe oder Diagonal-Rippen, welche die Brücke bey so grofsen Bogenöffnungen hätte erhalten müssen, erspart worden. Endlich sind die Schlufsbalken vermittelst Schrauben *t* Fig. 2., die dadurch und durch die Hauptstützschwelle *e* gezogen wurden, an ihren Enden herunter gezogen, folglich ist ihr Tragvermögen verstärkt worden, indem sie ordentliche Curven bilden.

*) Damit ist zugleich die Durchbiegung der Schwellen verhindert, indem die Last des Fahrweges auf ihre Endpuncte und dem Bogen der Brücke näher gebracht ist. Hätte ich demnach ein Durchbiegen von der Mitte der Verbindungsschwellen befürchtet, so würde ich nur von dem Zusammenstofs der Sprengstreben *tt* durch die perpendiculaire Säule und die Verbindungsschwelle eine Schraube haben ziehen lassen; und so wäre zugleich ein Hängewerk aus dieser Verbindung der Theile entstanden.

Da man meinen Bogenbrücken den Vorwurf machte, dafs man bey ihnen zur Zeit eines Krieges nicht schnell genug die Passage über den Flufs sperren könne, so habe ich, bey dieser Brücke, die Einrichtung getroffen: augenblicklich eine so grofse Oeffnung in dem einen Bogen bewerkstelligen zu können, so dafs erst nach mehrern Tagen ihr Gebrauch wieder hergestellt werden kann. Es sind nämlich die zwey Rippen des rechtseitigen Bogens bey *i i* (Fig. 8.) auf eine Entfernung von fünfzig Fufs, nach den Linien *i. n. q.* durchgeschnitten. Diese Theile *i i* einer jeden Rippe wird gehalten, und mit den Schenkeln des Bogens zu einem festen Ganzen verbunden. 1) Durch zwey dadurch und den Schlufsbalken gehenden zwey 1 $\frac{1}{2}$ Zoll dicken eisernen Schrauben *o. o.* (Fig. 6.), ferner durch ein eichenes Holz *i n* (Fig. 8.), welches vermittelst drey Schrauben an die Rippe, wodurch dieselben gehen, befestiget ist, und endlich mit einer beweglichen unter 1. sichtbaren Querschwelle, die man zurück schiebt, wenn das Bogenstück *i i* geöffnet werden soll. Ist demnach die Wahrscheinlichkeit vorhanden, dafs der Feind in die Gegend von Rosenheim kommen kann, so wird unter jeden Schenkel der drey Bögen ein aus 4 bis 5 Pfählen bestehendes Nothjoch errichtet, worauf diese Schenkel ruhn. Soll der Bogentheil *i i* herunter gelassen werden, so befreyt man den ganzen Bogen von allen Theilen des Fahrtweges, schiebt die Schwelle unter *i* zurück, zieht die bey *o* Fig. 6., angebrachten Schrauben und die Querschrauben heraus, und jetzt fällt das Bogenstück herunter. An dessen Enden werden aber starke Seile befestigt, um es vermittelst Erdwinden ans Ufer zu ziehen. Soll es wieder eingesetzt werden, so errichtet man auf drey Jochen ein Gerüst, läfst alle einzelnen vorher numerirten Theile des Stückes auseinander nehmen, und verfährt wie bey der ersten Erbauung.

Gegen den Eisgang und den Angriff des Stromes sind die Joche und Widerlager durch folgende Mittel beschützt worden. Vor den letztern und um die erstern liegen Faschinenbaue, die regelmäfsig mit einem aus grofsen und kleinen Steinen bestehenden Pflaster (Fig. 2. und 15.) bis über den niedrigsten Wasserstand, bedeckt sind, dann ist auf der äufsern Fläche des obern Schrägpfahles eines jeden Joches, ein aus zwey aufeinander passenden, aus Gufseisen bestehenden, bis zum Traggurt hinaufgehenden Schienen zusammen gesetzter Eisbrecher *u* Fig. 17. mit acht 18 Zoll langen und 12 Linien dicken eisernen Nägeln befestigt. Dieser Eisbrecher bildet vorne eine scharfe Kante, woran sich die Eisschollen spalten. Er wiegt fünf Centner und ist bey *v* (Fig. 14.) auf dem auf den Schrägpfahl befestigten aus Eichenholz gemachten Mantel *v*, der nach aussen die Form des Eisschienen hat, aufgenagelt. Dieselben sind vorne 18 Linien, und hinten 6 Linien dick, und darin waren acht Nagellöcher eingegossen. Endlich geht von jeder Seite der Joche, unter den drey Tragringen *y* (F. 14.) eine 3″ breite und 9 Linien dicke ausgeschmiedeten Eisen bestehende Schiene *z* bis über die Verschalung des Joches, herab.

Ueber diese Brücke mufsten nun zwey Röhrenleitungen gelegt werden, die eine Röhre führt das Salzwasser nach der bey Rosenheim stehenden Saline und die andere das Trinkwasser nach dieser Stadt. Jede von diesen Röhren habe ich an jeder Seite der Brücke folgendermaafsen und mit dem Trottoir bedecken lassen, so dafs der Reisende sie nicht gewahr wird. Jede Röhre *B* (Fig. XI.) habe ich unter die aus Lerchenen Planken zusammengesetzte Decke *A* des Trottoirs gelegt, um sie eines Theils gegen die Luft und Nässe zu bewahren, und andern Theils damit die Brücke nicht zu schmälern oder häfslich zu machen. Sie liegt in einem ausgehöhlten Kum oder Trog *G*, der auf die Tragschwellen *H* ruht, über welche fünf Strafsenträger *D* liegen, die oben sattelförmig behauen sind. *J* ist das untere Holz und *g G* sind die obern Hölzer des Schlufsbalkens, welche gegen das etwa aus den Röhren quellende Wasser, durch die Bretter *P* geschützt sind. Oberhalb jeder Schwelle wurde auf dem Schlufsbalken ein Tragklotz *E* (der Queere nach) gelegt, worüber ein Deckbaum *F* gezogen ward, der auf der einen Seite das Trottoir trägt. Auf der andern ist dasselbe von dem über die Deckhölzer *C* liegenden Deckbaum *T* unterstützt. Von einem bis zum andern Baum ist ein Queerholz *R*, vermittelst Schwalbenschwänze, eingespannt; auf fünf Schuh Entfernung, sind, unter die Planken *A*, vier Riegel *S* genagelt, wodurch dieselben eine 20′ lange Tafel bilden. Eine solche Tafel wird an jedem Ende, vermittelst einer 2″ starken Schraube, deren Mutter in den Riegeln *R* liegt, festgeschraubt. Die zwey Schrauben einer Tafel haben oben einen Spalt, damit sie nicht über das Trottoir hervorstehen, und in diesem Spalt wird ein scharfes Eisen, das oben einen Ring hat, eingesteckt. Durch diesen Ring steckt man ein anderes Eisen, um die Schraube einzudrehen. Ist dieselbe herausgezogen, so wird jenes Eisen in die Mutter eingeschraubt, und vermittelst des Ringes wird die Trottoir-Tafel ausgehoben. Dieses Festschrauben der Trottoirstücke war deswegen durchaus nothwendig, weil sonst die Sonne und Luft dieselben gehoben und krumm gezogen hätte, und die Fufsgänger die Trottoirs nicht mit Bequemlichkeit hätten benutzen können. Endlich bemerke ich noch, dafs das Holz dieser Brücke gröfstentheils aus Lerchenholz, die Verbindungsschwellen aus Eichen und wenige Theile aus Kiefern, die Strafsenträger aus Fichtenholz bestehen, so dafs man von den Haupttheilen dieses Werkes eine lange Dauer erwarten kann.

§. 133. *Die Ausführung der Rosenheimer - Bogenbrücke* wurde folgendermaafsen, unter Leitung des Bauinspectors *Schuster*, von dem Ingenieur *Regauer* bewerkstelliget, während ich den Bau öfters besuchte, und die Anordnungen dirigirte. 1) Sind vom 13. November 1810 bis zum 12. December, die 90 Grundpfähle der Widerlager eingerammt worden. 2) Vom 2. Jänner 1811 bis den 5. Februar wurden die 34 Pfähle der beyden Joche geschlagen, so wie auch die Gerüstjoche unter dem linkseitigen Bogen. In den übrigen zwey Oeffnungen mufste die Rüstung, des Eisganges wegen, noch wegbleiben; sie wurde deswegen erst am 4. Febr. angefangen, und

am 9. März beendigt. 3) Sieben Tage später waren die Joche verschaalt und die Umgebungen gepflastert, weil man damit bis zum höhern Wasserstand nicht warten durfte. Anfangs März bestimmte man die Bogenlinien, d. i. die Höhen oder Ordinaten, von der Horizontallinie der Bögen, nach der Werkzeichnung, die $\frac{1}{36}$ von der wahren Gröfse hatte. 5) Am 5. März wurden auf den nach diesen Ordinaten gelegten Unterlager der Bögen, die wir, so wie die Gerüstjoche, in Fig. 2. sehen, die ersten Verbindungsschwellen genau wagerecht gelegt, dann daselbst etwas eingeschnitten wo die Curven zu liegen kamen und am 6. zog man die erste Curve, am Widerlager und dem rechtseitigen Joch anfangend, ein; krümmte dieselbe über die Verbindungsschwellen, vermittelst Hebel, und hielt ihre Enden durch eine Zwinge Fig. 3. herunter, die unten am Gerüstjoche befestigt wurde. Bis zum 13. May waren die äufsern und innern Curvenlagen einer jeden Rippe übereinander gekrümmt und die Schlufsbalken darüber gelegt, so dafs man die $\frac{3}{4}$ Zoll dicken Schrauben dadurch gezogen hatte, wie es im linkseitigen Bogen Fig. 2. angedeutet ist. Die Curven und übrigen Hölzer wurden über die alte Brücke gezogen, und von derselben waren, nach der Rüstung, verschiedene schräge - Flächen angebracht; ein Hülfsmittel, welches man, bey ähnlichen Gelegenheiten, nicht verabsäumen mufs. 6) Bis zum 30. May waren zugleich, bey Einziehung der Curven, alle Mittel- und Tragschwellen, so wie die Strafsenträger, gelegt. 7) Am 8. April hatte man angefangen, die Windruthen einzuspannen und am 5. Juny waren diese sowohl, als die in Fig. 12. und 13. angedeuteten Sprengwerke *a a* u. *t t*, fertig. 8) Am 31. May liefs ich die Brücke vollkommen ausrüsten, und eine genaue Messung zeigte: dafs sich der mittlere Bogen 7 Linien, die andern zwey nur 4 Linien gesetzt hatten. 9) Den 15. eröffnete ich den Gebrauch dieser Brücke. Ein mit Salzfässer beladener und mit 10 Pferden bespannter Wagen, welcher mit den Menschen, die ihn umringten, wenigstens eine Last von dreyhundert vier und vierzig Centner ausmachte, wurde (im Trabe) darüber gefahren, ohne eine Erschütterung dieser grofsen Brücke, zu verspüren.

Ich mufs hier die Gelegenheit ergreifen, um Folgendes zu bemerken: Die durch die Bogenrippen gezogene Schrauben gehen nur bis durch den Schlufsbalken und nicht durch die Geländersäulen. Diese letztern sind in die äufsere Lage der Schlufsbalken *g G* (F. 11.), vermittelst zwey Zapfen, eingelassen, und gehen durch die Klötze *E*, um eine gröfsere Steifigkeit zu bekommen. Das Streichholz *M* des Geländers ist auf die Geländersäule eingezapft, durch welche ein runder Riegel *L* geht, der beym Durchgang vierkantig gehauen ist, um die Säule nicht zu schwächen.

*) Da ich mich auf den sichern Stand der Joche verlassen konnte, so liefs ich in Gegenwart des russischen Obrist Grafen von Potozky am 16. May den linkseisigen vollendeten Bogen ausrüsten.

Ueber die einzelnen Kosten will ich folgendes bemerken: 1) Die $\frac{5}{4}$ Zoll dicken Schrauben wiegen 7033 Pfund, à 20 kr.: sie kosten daher 2344 fl. 20 kr. 2) Das zu dieser Brücke gebrauchte Schmiede-Eisen wiegt 10350 Pfund. 3) Ein längen Schuh der $\frac{5}{4}$ Zoll starken Schrauben $4\frac{5}{10}$ Pfund, von $\frac{3}{4}$ Zoll starken $3\frac{2}{10}$ Pfund, die Muttern, der Kopf und die Unterlagplatten mitgerechnet. 4) Von den Bohrlöchern kostete der laufende Schuh 6 kr. Ein paar Windruthen einzuziehen 2 fl.; einen Strafsenträgen einzuzapfen 1 fl. 4 kr. 5) Das Krümmen und Einziehen einer Curve der untern Lage (jeder Bogen besteht aus drey Curven der Bogenlinie nach) 3 fl. 23 kr.; der mittlern 2 fl. 9. kr., und der dritten 2 fl. 29 kr. *). 6) Ein 45′ langes Holz zum Schlufsbalken aufzubringen und einzupassen kostete $3\frac{1}{2}$ fl. 7) Eine aus Lerchenholz bestehende Curve von 45′ Länge, 10 à 13″ stark mit sechs Schnürschlägen zuzuhauen, kostete 3 fl. 12 kr. Der Schuh also $3\frac{3}{5}$ kr. 8) Eine eichene, der Schuh $4\frac{7}{10}$ kr. Ich könnte noch einen grofsen Raum mit ähnlichen Angaben, über das Mauerwerk und die einzelnen Bautheile ausfüllen, aber ich glaube, dafs die Ingenieure selbst ähnliche Beobachtungen angestellt haben werden.

Wie die Rüstungen gemacht und die Joche eingerammt wurden, will ich jetzt zu erklären suchen, weil dabey manche practische Vortheile angewendet worden sind, 1) Da beym niedrigen Wasserstande des Winters $18\frac{10}{11}$ in den zwey linkseitigen Oeffnungen der Brücke eine sehr geringe Wassertiefe statt fand: so wurden zum Einrammen der Rüstungsjoche (Fig. 2.) einzelne Böcke, auf jeder Seite, die wir in Fig. 38. im Grundrifs und in Fig. 37. (links) in der perspectivischen Ansicht, sehen, errichtet, die man mit Kreutze verband. Auf diese kamen Bretter zu liegen, worauf die kleine Ramme gestellt wurde, und womit man die Gerüstpfähle 27. 28. eintrieb. Vergleicht man die Figuren 37. und 38. miteinander: so wird die ganze Einrichtung dieser Rüstung deutlich. Die Pfähle der Gerüstjoche (von 1 bis 28) wurden, mittelst Kreutze, verbunden. Von jedem der zwey *Brückenjoche a* war auf 10 bis 12′ Entfernung ein Gerüstjoch 6. 10. und 1. 5. (Fig. 37. u. 38.) welches aus fünf mit einem 6 Centner schweren Rammklotz in den Grund eingetriebener 10 bis 12″ starker Pfähle bestand. In der rechtseitigen Oeffnung der Brücke, wo die Tiefe 18 bis 20′ betrug, und der Stromstrich sich befand, wurden die Gerüstjoche von dem in F. 39. 40. und 41. gezeichneten Jochschiff aus geschlagen, welches man an einem stromaufwärts eingerammten Pfahle, vermittelst eines Taues und der Queere nach mit an die bereits stehenden Joche befestigten Seile, zu einem festen Stand brachte. Auf dieses Jochschiff und auf das letzte Gerüstjoch wurde eine Rüstung gelegt, von welcher ab wieder ein Gerüstjoch eingerammt wurde.

*) Bey der untern Curve entstehen die gröfsern Kosten, wegen den 3 bis 4 Zoll tiefen Einschnitten in jede Verbindungsschwelle, worin die Curven hineingehn.

Die Einrammung so grofser Pfähle als die Jochpfähle, deren Länge 55 bis 60 Schuh und deren Stärke 18 Zoll betrug, erfordert starke und sichere Rüstungen, die oben ganz mit Bretter bedeckt werden, und dabey viel Vorsicht. Da ich in der Folge noch Einiges hierüber anführe, so bemerke ich nur, daſs die Ramme, zur Eintreibung aller Schrägpfähle eines Joches, hiernach ihre Stellung (Fig. 34.) erhielt und um vom Winde (der auf dieser hohen Rüstung sehr heftig war) nicht umgeworfen zu werden, an diese mit Ketten befestigt wurde. Da sich so lange Pfähle in die vorgeschriebene Richtung nicht ohne zwey *Pfahllehren* eintreiben lassen, so war in der Nähe des Brückenjoches ein niedriges auf acht Pfählen bestehendes Joch *i* (Fig. 32.) eingerammt, in dessen Deckschwelle *i i* die Ausschnitte für die 17 Pfähle gemacht wurden, und dann wurde längs zwey Rüstungsjochen, wovon man eines in Fig. 34. sieht, an jedes, ein Riegel *A B* befestigt und dieser trug einige Hölzer *c*, worauf eine Lehre *D E* genagelt war, die längs dem Brückenjoch hinlief. Darin wurden die Ausschnitte für jeden Pfahl gemacht und diese correspondirten mit denen in der Lehre *i* (Fig. 32.) verfertigten und zwar nach der entworfenen Werkzeichnung, d. i. nach der Stellung der Pfähle. Jetzt wurde das Einrammen mit dem Perpendicilair-Pfahl oder mittlern Pfahl *a* (Fig. 37. und 38.) begonnen. Um die zweyten Pfahllehrstücke zu ersparen, und die Schwingung der Holzfibern des Pfahles, so wie seine Klemmung zwischen zwey Lehren, als wodurch die Wirkung des Rammklotzes geschwächt wird, zu mäſsigen: so lieſs ich einen Hebel *ab* (F. 32.) sowohl bey der untern Lehre *i* als bey der obern *E D* (Fig. 34.) anwenden. Dieser Preſs-Hebel bestand nämlich aus einer jungen 4 bis 5″ dicken Fichte, die sehr biegsam war, stark gespannt werden konnte und bey jedem Rammschlag etwas der Elasticität wegen, nachgab. Vorne bey *a* (Fig. 37.) war dieselbe an die Schwelle oder Lehre *i* vermittelst einer Kette und am Ende mit dem Seil *b c* befestigt. Wollte der Jochpfahl sich aus seiner Richtung seitwärts geben, so wurde eine Fuſswinde *h* (F. 30.) vermittelst zweyer starker Ketten, angespannt.

Wie die Curven, vermittelst Hebel, gekrümmt, mit diesen und den Zwingen *tt* (Fig. 2.) heruntergehalten wurden, wie die Rüstungen beschaffen waren, dies zeigt die oben auf Tab. 122. stehende perspectivische Zeichnung, worauf wir eine der imposantesten und schönsten Landschaften Baierns sehen; ferner zeigen dies die Profile Fig. 35. 36.; der Aufriſs Fig. 2. und die Horizontalschnitte Fig. 4. und 5. Die 36ste Figur ist ein bey der dritten Verbindungsschwelle, und Fig. 35. eine bey *m* (Fig. 2.) unter dem Bogen gegen das Widerlager zu, genommene Ansicht, während die dritte Curvenlage gekrümmt wurde.

Nachdem die Ausrüstung der Brücke geschehen war, wurden die in der Tiefe stehenden Gerüstpfähle abgesprengt, die übrigen aber mit Schraubensätzen oder dem Wuchtbaum (II. Bd. S. 478.) ausgezogen. Dieser bestand aus einem fichtenen Baum, den man vermittelst eines an einem von Streben gehaltenen, oben auf die Brücke

gestellten Flaschenzuges oder einer Scheibe, aufzog, indem man darunter Richthacken anstemmte, dann wurde um den Pfahl eine zwey Zoll dicke und 268 Pfund schwere Kette geschlungen. Fünf Mann zogen den 1715 Pfund schweren Hebel auf, drey bis vier Arbeiter waren in einem Boot beschäftigt, die Kette um den auszuziehenden Pfahl zu befestigen, und während dem Herunterlassen des Hebels an diesen Pfahl mit grofsen Hammern zu schlagen; acht bis zwölf Mann zogen den Hebel, vermittelst eines um dessen Ende geschlungenen Seils herunter, vermehrten daher die Wirkung der Schwere; zwey Mann unterstützten den langen Arm des Hebels, während er aufgezogen ward. Binnen 2½ Tagen wurden 19 Pfähle so ausgezogen; das Manöver kostete für jeden Pfahl 2 fl. 40 kr. Wenn man eine Berechnung über den mechanischen Effect anstellt, so beträgt der Widerstand, welchen der eingerammte Pfahl ausübt, 280 Centner; mit dieser Last hätte man ihn also belasten können, um tiefer einzudringen. Es fieng nämlich der Pfahl schon an zu lüften, als der Hebel allein wirkte. Nach viermaligem Aufziehen des Hebels und Verkürzung der grofsen Kette war der Pfahl so weit emporgekommen, dafs ihn zehn Mann mit einem kleinen Hebel vollends herauszogen. Damit der Hebel nicht auf einen Punct der Brücke drückte, so war darunter ein über einige Schwellen reichendes Widerlager gelegt worden. Durch das Ausziehen der Pfähle hatten sich die Bogen, wo es statt fand, um sieben Linien gesetzt, und die Zughöhe betrug 16 bis 18 Fufs. Zum Ausziehen der Pfähle mit zwey Schraubensätze wurden 8 Mann gebraucht.

Diese Brücke bildet einen der schönsten, vielleicht den schönsten Standpunct des Königreichs; denn man sieht von hier aus die grofse Gebirgskette, und im Hintergrunde einen Theil des *Glockner*, wie dies auf der perspectivischen Ansicht T. 122. dargestellt ist. Endlich bemerke ich, dafs diese aus Eichen- und Lerchenholz mit zwey massiven Widerlagern erbaute grofse Brücke nur die Summe von 30877 fl. gekostet hat.

Beschreibung der bey der Stadt Mühldorf in Baiern über den Innflufs vom October 1812 bis May 1813 aus drey Bögen erbauten Brücke. Tab. 124. Fig. 1 bis 7. *).

§. 134. Die alte, aus dreyzehn Jochen bestandene, 400 Schuh lange Brücke war in den letzten Kriegen zweymal angezündet worden; man hatte also mehrere Joche aufgeschiftet und sie war so baufällig, dafs sie nicht länger benutzt werden konnte. Da sie mit den Stromstrich eine oblique Richtung bildete, der Weg vor der Stadt für das Fuhrwesen unbequem und unnöthig lang war: so beschlofs man den-

*) Fig. 2. giebt eine anschauliche Erklärung der Construction von dieser Brücke und ihrer Ausführung. Der rechtseitige Bogen ist so gezeichnet, wie drey Curvenlagen aufgesetzt waren und die Rüstung stand. Der mittlere Bogen ist hier, nach dem im Innern längs demselben genommenen Längenschnitt gezeichnet und der dritte Bogen ist von Aussen, und zwar die Seite flufsabwärts, dargestellt. Fig. 4. 5. u. 6. sind Queerschnitte nach denen auf F. 3. gezogenen Linien *AB*, *CD* u. *EF*

selben von der Stadt gerade fortlaufen zu lassen, und die neue Brücke rechtwinklicht mit dem Laufe des Flusses zu errichten. Ich bestimmte die Profilweite nach den hydrometrischen Messungen, zu 373′ 6″ 6‴, und da die Brücke drey Bögen hat, so erhielt jeder eine Oeffnung von 124′ 10″ 2‴.

Der Innflufs führt einen heftigen Eisgang, dessen Geschwindigkeit beträgt bey Mühldorf, beym mittlern Wasserstande, acht Fufs in der Secunde, und dessen Hochgewässer steigen über den niedrigsten Stand 20′ 8″, während sie bey Neuöttingen nur 13′ 9″ erreichen. (Meine Beyträge zur Wasserbaukunst 1. Heft von 1808. §. 32).

Ich machte den Vorschlag, dieser Brücke 2 steinerne Pfeiler *B D* (F. 2.) von 6 Schuh Dicke zu geben, um sie gegen die Angriffe des Stromes und der Eisgänge zu sichern, und ihre Dauer, bey dieser frequenten Passage, möglichst zu verlängern. Die Anfänge der Bögen konnten, der Lage Mühldorfs wegen, nur dreyzehn Fufs über den niedrigsten Wasserstand erhoben werden. Die Seitenbögen erhielten, von ihrer Sehne an zwölf, der mittlere Bogen aber dreyzehn Fufs Höhe.

Die Widerlager dieser Brücke (Fig. 2.) sind auf Pfahl- zum Theil auf Schwellroste gegründet. Ihre Breite *J J* (Fig. 3.) beträgt, längs dem Flufs, 34′, gegen das Ufer 42′, und ihre Dicke 14 Schuh. In der Richtung der 3 Rippen *K*, *L*, *M* der Bögen gehn von dem eigentlichen Widerlager noch drey Stützmauern *P R* ab, welche eines Theils zur Verstärkung der Widerlager und andern Theiles zur Aufhaltung der Chaussee-Dämme oder Auffahrten dienen. Ihre Stärke beträgt, an der Grundfläche 6′ und 12 Fufs vom niedrigsten Wasserstande ab vier Schuh. Die linkseitigen Stützmauern endigen an einer 12′ breiten beynahe eben so hohen Durchfahrt *F* Fig. 2. und 3., welche der Communication mit dem Flusse und den Wiesen wegen nothwendig war, indem die Ueberfahrt über die hohe Chausse zu unbequem gewesen wäre, da ohnedies in deren Nähe noch ein Haus steht. Bey *Q* und *U* Fig. 3. laufen noch zwey Stützmauern längs der Chaussee, die nach Innen von der Mauer *N* gehalten wird, fort. Durch diese Widerlager und Stützmauern hat also die Brücke zwey sichere Anlehnpuncte bekommen, die unzerstörbar sind.

Das Bett des Flusses besteht hier aus einem feinen Töpferthon, den man *Flinz* nennt, welcher, bis zu einiger Tiefe, der Härte eines Steines gleich kömmt und allen Angriffen des Stromes und Eisganges Widerstand leistet: so dafs man von der Zunahme der Tiefe, in diesem Stromprofil, kein Beispiel hat. Dieser Umstand machte es unmöglich: die Rostpfähle, unter den Widerlagern, tiefer als es die Profile Fig. 4. und 5. andeuten, mit 1500 bis 2000 Rammschlägen und einem Rammklotz von 1407 Pfund, einzutreiben, so dafs man also auf einen sichern Stand der Widerlager zu rechnen berechtigt ist. Ja es war beym rechtseitigen Widerlager nicht möglich, mehr als zwey Pfahlreihen einzurammen, und es mufsten, mit dem Bohrer, die Löcher für viele der Pfähle vorgebohrt werden; der weiter gehende Schwellrost wurde auf den mit scharfen Werkzeugen abgehauenen *Flinz* gelegt. Das linkseitige mehr,

als das rechtseitige, in die Tiefe des Flusses gelegte Widerlager, hat indessen einen vollkommenen Pfahlgrund, worin die Pfähle auf einen Fuſs Abstand stehen, erhalten. Die Roste sind mit Kieseln und ungelöschten Kalch ausgegossen, und die Rostplanken bestehen aus Lerchen- und Eichenholz, so wie auch die Rostschwellen.

Die Fundation der 42′ langen und 6′ Schuh dicken Pfeiler (Fig. 2. 5. und 7.) besteht aus 41 in den festesten Thonboden mit einem Rammklotz von 1407 bis 1424 Pfund (d. i. mit dessen Backen) auf die Tiefe von 11 bis 15 Fuſs bis zum Stehen eingetriebenen lerchen, eichenen und kiefernen 13 bis 17″ starken Pfählen. Diese Pfähle erhielten 3150 bis 4530 Schläge, (II. B. S. 442.) und das ganze Manöver des Einrammens kostete für den Pfahl etwa 16 fl. (ohne die Rüstung). Das Einrammen wurde so lange fortgesetzt, bis der Pfahl in mehreren aufeinander folgenden Hitzen, jede von 30 Schlägen, in jeder, nur drey Linien, und bey der letzten von hundert Schlägen nur zwey Linien einrückte: so daſs man die Pfähle als vollkommen bis zum Stehen eingerammt ansehen kann. Auf dieselben wurden, nachdem sie mit einer Säge, bey dem einen Pfeiler vier, bey dem andern 5 Fuſs unter Wasser abgeschnitten waren, die Rostschwellen wagerecht aufgenagelt. Als der Strom gefallen war, wurde noch sorgfältig untersucht: ob diese Schwellen genau auf den Pfählen auflagen; der geringste Zwischenraum wurde mit Keilen von Steinen oder Holz ausgeschlagen. Der Raum zwischen den Grundpfählen der Pfeiler wurde, zuerst längs denselben mit groſsen Steinen, so regelmäſsig als möglich ausgefüllt, damit je zwischen zwey Pfählen kein kleinerer Stein durchrollen konnte; dann wurden kleinere Steine, Kiesel, Mörtel und ungelöschter Kalch eingeschüttet, um so einen vollkommen soliden Körper zu bilden. Nachdem sich diese Masse gesetzt, und ihre Oberfläche selbst, unter die Rostschwellen, verbreitet worden war, und nachdem der Ober-Ingenieur (vor und längs dem Pfeiler, vorne winkelförmig gebildete, längs einer Rüstung herabgelassene, aus einzelnen Tafeln, die jedoch ein Ganzes bildeten) zusammengesetzte Ableitungswände errichtet hatte, um den Anfall des drey Schuh über sein niedrigstes Wasser gestandenen Stromes, von der Gründung eines Pfeilers abzuwenden: so wurden die Rostschwellen, wo es nöthig war, (bey 1 $\frac{1}{2}$ Fuſs Wasserstand) unterkeilt, die obere Füllmasse regelmäſsig vertheilt und die Deckplanken x (Fig. 7.) auf die Rostschwellen y genagelt.

Da jeder Bogen aus drey Rippen *RLM* (Fig. 3.) besteht, so wurden, in jedem der zwey Widerlager, eben so viele Stützschwellen *hns* (F. 2.) auf drey Grundschwellen *i i i* dergestalt gelegt, daſs jene rückwärts 5 $\frac{1}{2}$ Fuſs höher als vorwärts liegen, um den Seitendruck der Bögen auf den ganzen Körper der Widerlager zu vertheilen. Alle Curven sind 6″ tief in diese aus Eichenholz bestehenden 3 Stützschwellen eingelassen, über deren Ende noch eine Querschwelle l liegt, um nicht dieselben mit der darauf liegenden Rückwand-Mauer in unmittelbare Verbindung zu bringen, folg-

lich solche desto besser zu erhalten. Die Curven sind an die Stützschwellen mit eisernen Klammern *n* befestigt.

In der Mitte der Pfeiler (F. 2.) gehen die Curven des *Rückgrades L*, (F. 3.) 6″, in eine 12″ dicke, und die Breite der 2 Curvenlagen einnehmende eichene Stützsäule *u*. (Fig. 2. u. 5.) Solche Säulen giebt es drey; sie sind oben mit der Kronschwelle *w* gedeckt. Diese drey Säulen *u* sind aber in Ziegel-Mauerwerk eingeschlossen, und der übrige Theil der Pfeiler besteht aus Granit, festen Sand und Tufstein-Werkstücken, die unterste Steinlage steht, rund um den Pfeiler, zwey Zoll vor. (Siehe Fig. 5.)

Bey den Widerlagern hat man (zur Ersparung) bloſs 3 Wände über die 3 Bogenrippen, bis zur obern Tragschwelle, und die hintere Stützwand aus Mauerwerk bestehen lassen. Im Innern zwischen den Bogenrippen geht die vordere Fläche der Widerlager 13 Fuſs hoch, und dann steigt die Mauer parallel mit der Oberfläche der Stützschwellen; ihre Decke besteht aus gut gebrannten Ziegelplatten, worüber alle Feuchtigkeit abläuft.

Jeder Bogen hat 16 Schwellenfelder, und bey den Verbindungs-Schwellen *a a* (F. 2.) sind die untern Curven 4″ eingeschnitten; die Spannschwellen *m m* (F. 2. u. 4.) sind zur halben Holzstärke eingeschnitten, so daſs die obern Curven ihre ganze Holzstärke überall behalten haben, weil auch geringfügige Einschnitte in ihre Oberfläche, eine Trennung der Holzfibern, folglich Risse hervor bringen.

Die 2 Seiten-Rippen *K* und *M* (F. 2.) eines Bogens, bestehn, der Quere nach, aus 2, der Rückgrad *L*, aus 3 neben einander gelegten Curvenlagen, und jede Lage besteht in diesem letztern, durchaus, aus 3 Curven übereinander. (F. 2. u. 5. bey L,) In den Seitenrippen *K. M.* hingegen liegen, in der Nähe der Pfeiler und Widerlager, in der äuſsern Curvenlage, 6 Curven *b. c. d. e. f. g.* (Fig. 2. u. 5.) übereinander, in der Innern-Lage (F. 5.) aber nur 3 Curven *o. p. q.* (E. 5.), welche auch durch den ganzen Bogen fortlaufen, und aus eben so viel Curven besteht, die äuſsere Curvenlage, in der Nähe der Mitte eines jeden Bogens (siehe Fig. 2.) ist. Wie die neben einander liegenden Curven einer Rippe mit einem Zoll starken Querschrauben *x. x.* abwechselnd zusammen verbunden sind, zeigen Fig. 2. und 3., und wie die ¾ Zoll starken Vertical-Schrauben *z. z.* in der äuſsern und innern Curvenlage der Seiten-Rippen, so wie im Rückgrad der Brücke, durchgezogen sind, zeigen eben diese Figuren. Von den letztern Schrauben sind zu dieser Brücke 270, und von den erstern 144 gebraucht worden.

Die Stabilität der drey Bögen, folglich auch ihre Tragkraft, ist von den an Stützklötze anstemmenden Windruthen *o. o.* und den Spannstreben *p. p.* (Fig. 2. 3. 4. 5. und 6.), so wie mit den Mittelschwellen *l l* und *m m* (Fig. 3. u. 4.) gar sehr verstärkt worden. Hiezu trägt auch der 12″ dicke und 14″ hohe Schluſsbalken *y y* bey, den wir in dem in der Mitte eines Bogens genommenen Durchschnitt (Fig. 6.), so wie in Fig. 4. und 5. sehn. Er ist von den Stützstreben *r* und *t* Fig. 2. in der

Nähe der Widerlager und Pfeiler unterstützt. So ist also auch der Druck der über die Brücke gehenden Lasten, auf die Schenkel der Bögen, geschwächt worden; eine Maafsregel, das ist die Anbringung solcher Stütz-Streben, die ich bey allen Brücken der Art, empfehle. Diese Schlufsbalken und also auch der Brückenweg, fallen, um die Neigung der Auffahrten zu vermindern, von der Mitte der Brücke bis zu den Pfeilern 6″, von diesen bis zur Mitte der äufsern Bögen 5″, und von diesen bis zu den Widerlagern 25 Zoll.

Zum Transport der Steine und der Bauhölzer nach den Pfeilern war längs dem linkseitigen und mittlern Bogen eine Transportbrücke 1. 2. 3. 4. 5. Fig. 3. gemacht, deren aus zwey Pfählen bestehende Joche eigentlich eine Verlängerung der Gerüstbrücke, machen, und die wir rechts auf Fig. 2. und 3. Tab. 124. sehen. Jedes Gerüstjoch bestand aus fünf, durch Kreutze verbundene Pfähle, wovon die meisten von einem auf einer Bockzille (siehe Fig. 40. u. 41. Tab. 122.) angebrachten Rüstung ab, eingerammt wurden.

Diese Bogenbrücke, deren Breite 28′ beträgt, hat sechs Strafsenträger *a* Fig. 4. u. 6., zu jeder Seite ein 28″ breites Trottoir und ein hölzernes Geländer *N* (Fig. 2.) dessen Säulen in die Schlufsbalken eingezapft sind. Alle Windruthen, Spannstreben, die Schwellen, die Seitenrippen und der Rückgrad ist mit schräg liegenden Brettern, zur Abhaltung der Nässe, gedeckt, und defswegen sind alle Hölzer mit Schiffstheer überzogen. Von aussen werden die Bögen mit Bretter verschaalt, und dann zweymahl mit Oelfarbe angestrichen, wie die oben auf Tab. 124. stehende perspectivische Ansicht zeigt, aus welcher man auch einen Theil der Construction und die schöne Lage der Stadt Mühldorf erkennt. Alle Schwellen, die Curven welche aus dem Widerlager hervor treten, so wie die Obern, bestehen aus Eichen und Lerchenholz, und die Innern aus Kiefern, welches Holz so wie eichenes und lerchenes auch zu den Grundpfählen genommen ist.

Am 22. September 1812 wurde der Bau dieser Brücke angefangen. Am 20. October war bereits das Einrammen der Grundpfähle des Pfeilers des rechtseitigen Bogens, vollzogen. Aber das plötzlich eingetretene Hochwasser machte das Absägen dieser Pfähle und die Legung des Rostes unmöglich; erst am 30. konnten diese Arbeiten begonnen werden, und am 6. November waren sie, ungeachtet der Innflufs noch 4′ 2″ über den niedrigsten Stand, glücklich bis unter diesen, vollzogen. Bis zum 25. November war auch die Fundation des linkseitigen Pfeilers bey einer Wasserhöhe von 5 Schuh (aber mit grofsen Schwierigkeiten) beendigt. Bis zum 17. December war das aus grofsen Werkstücken, worunter mehrere 80 bis 110 Centner wiegen, und die aus sehr festen Granit bestehen, welchen der die Arbeit dirigirende Ober-Ingenieur aus der Gegend unterhalb Wasserburg in einem Walde hatte brechen lassen, *)

*) Die meisten Steine sind aus den drey Stunden oberhalb Rosenheim beym Dorfe Neubaiern liegenden Steinbruch (wovon der baierische Cubikschuh 124 bis 128 Pfund wiegt) zu Wasser transportirt worden.

gemachte Mauerwerk der Pfeiler, bis zum Anfang der Bögen empor gestiegen, und das Gemäuer der Widerlager zu eben dieser Höhe gediehen, folglich auch die Stützschwellen gelegt, und die Stützsäulen gesetzt worden. Da der bey der kalten Witterung gebrauchte, zwar mit frisch gelöschten Kalch bereitete Mörtel, dem Ober-Ingenieur nicht bindende Kraft genug zu besitzen schien, und derselbe mit Recht befürchtete, dafs das Gemäuer der Pfeiler im Frühling sich auszudehnen streben möchte, so liefs er in jeder Schichte der Pfeiler vier eiserne, die äufsern Werkstücklagen mit einander verbindende querüber laufende Bänder legen, und ihre 6 bis 8 Zoll langen Hacken in siedendes Bley eingiefsen; auch lagen sie in die für dieselben in den Werkstücken ausgehauenen Rinnen, und zwar in der untern und obern Steinschicht, mit ihrer Hälfte.

Diese Brücke wurde *gleich auf dem Flusse*, über 15 Rüstungsjoche, welche mit 5 Centner schweren Rammklötzen 5 bis 6 Schuh tief in den Grund eingetrieben wurden, abgebunden. S. 1. 2. 3. 4. 5 F. 2. In dem einen Bogen konnten zum Transport, wegen der geringen Tiefe, Böcke gestellt werden, worauf man Diehlen legte. Am 27. September 1812 wurde die Einrammung der Gerüstjoche begonnen, und am 28. November war sie mit den 95sten Pfahl beendigt; dann schnitt man sie nach der Form der Bögen ab, zapfte auf die mit Kreutzen verbundenen Pfähle die Kronhölzer, belegte diese mit Diehlen, und etablirte darauf die Unterlagen der drey Rippen. (Siehe Fig. 2. den rechtseitigen Theil.) Jetzt legte man am 29. November die ersten Schwellen zum linkseitigen Bogen, fieng die Curven, mittelst Hebel, an zu krümmen, und bis zum 6. Februar 1813 waren alle drey Curvenlagen, der Höhe nach gerechnet, in den drey Bögen, gekrümmt, die mittlern Schwellen darauf gelegt, und die dadurch gehenden Vertical- und Horizontal-Schrauben eingezogen.

Da der Inn zugefroren war, so mufste der bauführende Ober-Ingenieur jede Minute benutzen; er liefs mehrere Nächte arbeiten, und seine Vorsicht war nicht vergebens gewesen: denn kaum waren diese Arbeiten vollendet, das ist, die Hauptheile der Bögen gespannt, so dafs sie jetzt ohne Rüstung bestehen konnten, als ein schnelles Thauwetter eintrat. Er liefs daher den 6. Februar die drey Bögen ausrüsten, und so konnte der Eisgang dem Werke nichts mehr schaden! Die Gerüstjoche wurden am folgenden Tage mit einer auf dem Ufer stehenden Erdwinde und einem Seil abgesprengt. Diese Maafsregel war der unterhalb stehenden alten Brücke wegen, nothwendig: denn hätte der Eisgang diese Gerüstjoche zerstört, und gegen die Alte-Brücke angetrieben, so konnte derselbe in eine Eisstopfung verwandelt werden, und ihr Untergang war unvermeidlich.

Nach einer genauen Messung senkte sich die Mitte des rechtseitigen Bogens (als er frey stand) um 4 Linien, des mittlern Bogens sein Gipfel gieng 3 Linien aufwärts, und der linkseitige Bogen blieb genau in seiner Höhe. Vom 6. Februar 1813 bis 15. May wurde am Einziehen der Windruthen, Spannstreben, am Krümmen der

obern drey äufsern Curven, dem Legen der Tragschwellen, des Schlufsbalkens, dem Einziehen der äufsern durch diese gehenden Schrauben, dem Legen der Strassenträger und Deckhölzer, so wie der vollständigen Aufmauerung der Pfeiler und Widerlager gearbeitet, und am 16. wurde diese Brücke, in meiner Gegenwart, zum erstenmal, zum Gebrauch des Publikums eröffnet, so dafs dieselbe in acht Monaten erbauet ist. Bey dem Bau dieser grofsen Brücke, den mein ältester Sohn Carl als Ober-Ingenieur allein leitete, und von dem das Detail der Construction angegeben ist, wobey er alle einzelnen Haupttheile auf den Werkplätzen, den Zimmergesellen, abgemessen hat, und daneben die Aufsicht führte, sind, von demselben, über das Detail der Arbeiten sehr interessante, für die Abfassung von Bau-Anschlägen und Bau-Vorschriften, wichtige Beobachtungen angestellt worden, die derselbe jedem Ingenieur, der ähnliche Werke aufzuführen hat, mitzutheilen bereit ist.

Von den Rücksichten beym Entwurf der hölzernen Bogenbrücken, und von den Maximen ihrer Construction.

§. 135. Die Wahl der Brückenlinie, d. i., die Richtung der Brücke, und die Bestimmungen der Oeffnungen oder Bogenweiten, hängt von dem Local und der Flufsbaukunde ab. Der Ingenieur mufs nämlich mit seinen Brücken weder die Höhe der Gewässer vermehren, noch Eisstopfungen erzeugen, sondern dem eisfreyen Strome sowohl als den Eisgängen, den möglichst ungestörtesten Abzug verschaffen, und die Schifffahrt erleichtern. Oefters wird sich derselbe genöthigt sehen: die Verbesserung des Laufes vom Flusse mit der Anlage einer neuen Brücke in Verbindung zu bringen, wie dies bey den Brücken von *Freysing*, *Irsingen*, *Augsburg* und *Ettringen* geschehen ist. Vorzüglich sind aber diese Bogenbrücken, zur Erreichung jener Absichten, sehr geschickt, weil sie die möglichst gröfsten Bogenöffnungen zulassen, damit die Eismassen und ganze Baumstämme einen ungestörten Durchzug haben, und die Schiffe, selbst bey den höchsten Wasserständen, durch die Bögen fahren können. Ueber Flüsse, deren Breite nicht gröfser als 150 bis 300 Schuh ist, sollte der Ingenieur, wenn es der Auffahrten wegen geschehen kann, und die Lage des Ufers oder der Ortschaften es zuläfst, nicht mehr als einen Bogen erbauen. Die Pfeiler und Joche kosten nicht nur bedeutende Summen, sondern sie sind auch den beständigen Angriffen des Stromes und Eisganges blofs gestellt. Indessen wird sich zu Bögen von 300 Schuh Weite, ihrer Höhe wegen, selten ein Local finden! Ueberdiefs ist der Ingenieur häufig durch Vorurtheile und Schwäche der Regierungen, dem Neide und der Intrigen der Unterautoritäten beschränkt oder gehindert, selbst beym günstigsten Local, grofse Bögen zu errichten. Oeffentliche Werke der Art, als Brücken sind, sollten nach höhern Ansichten behandelt werden; weil sie zur Begründung des Nationalruhms wesentlich beytragen, und es ist auffallend, wenn der mit den mächtigen Elementen kämpfende Ingenieur auch von vielen Seiten und überall, wo es nur geschehen kann, Hinder-

nisse zu besiegen hat: da doch, in Hinsicht der natürlichen Schwierigkeiten, die grofse Bauwerke in der Ausführung darbieten, als auch um der Vortheile und des Nationalruhms willen, seine Unternehmungen unterstützt werden sollten!

Ist die Brückenöffnung und Regulirung des Flusses hydrotechnisch, nach §. 7., bestimmt worden: so mufs die *Richtung der Brücke*, wenn es nur immer möglich ist, einen rechten Winkel mit dem Stromstrich bilden, um dem Angriff der Eismassen und des Stromes entzogen zu werden. (Siehe §. 7.) Zuweilen ist dies bey der Lage der Ortschaften und der Richtung der bestehenden Chausseen unausführbar, wie es der Fall bey der Freysingerbrücke war. Dann müssen aber die Umgebungen der Brückenjoche eine solche Lage erhalten, dafs sie den Strom vollkommen spalten, und so der Angriff der Eisgänge auf die Joche selbst zerstreut wird.

§. 136. Die *Anfänge der Bögen* sollten, wo möglich, (s. die Note ** zum 7. §.), bis zur Oberfläche der Hochgewässer gehen, um sie dem Angriffe von diesen und den Eismassen nicht blofs zu stellen, den Strom nicht aufzustauen, der Brücke aber ein schönes Ansehen zu geben. Aeufserst selten kann jedoch diese Regel befolgt werden, weil die Chausseen und Gassen der Städte und Dörfer zu niedrig liegen, als dafs man noch von dem höchsten Wasserstande ab, einen Bogen formiren könnte, ohne dem Brückenwege nicht eine zu starke Steigung zu geben. Die Bestimmung des Anfangs der Bögen steht daher mit der Bogenhöhe, der Dicke des Bogens bey seinem Schlusse, so wie mit der den Auffahrten zu gebenden Höhe in Beziehung. Für die gröfste Steigung der Chausseen wollen wir 4 Zoll auf die Klafter annehmen, und für den Fall des Brückenwegs (von der Mitte der Brücke nach beyden Seiten gerechnet) einen Zoll, ohne auf das Setzen der Bögen Rücksicht zu nehmen. Schöner, bequemer und besser ist jedoch eine horizontale Brückenbahn, *a*) weil man über die Brücke, ihrer Länge nach, sieht, und *b*) das Zugvieh sowohl als die Brücke dabey geschont wird; denn bey einer Steigung mufs dasselbe angetrieben werden, und das Ansprengen der Fuhrwerke strebt, eine Schwingung der Brückentheile zu bewirken. Wo also die hohe Lage der Ufer oder der nahen Gassen, eine Steigung des Brückenwegs nicht nothwendig machen, nehme man die Oberfläche der Brücke horizontal an, *nachdem zuvor das Setzen der Bögen in Rechnung gebracht, und in der Ausführung berücksichtigt ist.* Denn um dieses müssen die Schlufsbalken und die Strafsenträger, von der Mitte des ersten Bogens nach dem Ufer zu, abhängig liegen. Für dieses Setzen kann nach der Erfahrung (um mehr als sicher zu gehen) ein Zoll auf die Klafter der halben Bogenöffnung gerechnet werden: denn es beträgt im Allgemeinen vier bis 10 Linien auf die Klafter der halben Weite eines Bogens. Je nachdem aber die Höhe des Bogens zu seiner Weite grofs ist, und die Rippen mehrere Curven übereinander haben, auch viele Windruthen und Spannstreben angebracht sind, wird diese Senkung geringer. Das Verhältnifs dieser Höhe zur Weite des Bogens oder zur Oeffnung hat auf das Setzen einen wesentlichen Einflufs, und nach der Erfahrung

wird man sicher gehen, wenn *b*) für dieselben so vielmal zehn Linien angenommen werden, als die Verhältnifszahl, welche aus der Höhe in die Oeffnung entsteht, beträgt. Sie sey z. B. 12''', so wird man 120 Linien oder 10 Zoll für das Setzen haben. Die ganze Oeffnung der Bamberger Brücke beträgt 215 Schuh; folglich würde man nach der in *a*) gegebenen Regel beynahe $9\frac{6}{10}$ Zoll für den sichern Ersatz des Setzens annehmen können. Soll also die Steigung der Brückenbahn einen Zoll auf die Klafter ausmachen, so wird man für die Steigung des Schlufsbalkens und der Strafsenträger, zwey Zoll Fall auf die Klafter annehmen dürfen, und so weiter immer einen Zoll mehr, als zur Steigung der Brücken-Bahn festgesetzt ist. Wird aber dabey nicht auf das Setzen der Bögen gerechnet, so entsteht, nach einiger Zeit, in der Mitte dieses Brückenweges eine Senkung.

§. 137. Die Ordnung führt jetzt zur *Bestimmung des Verhältnisses der Bogenhöhe zur Bogenweite.* Dabey mufs, meiner Ueberzeugung nach, die ästhetische Form und die mechanische Stärke des Bogens berücksichtiget werden. Ein über ein gewisses Verhältnifs zu flacher Bogen ist nicht mehr so schön, als ein weniger gedruckter Bogen, welches man bey den von mir ausgeführten Bogenbrücken und bey einer Vergleichung derer auf Tab. 129. gestochenen Brücken bestätiget findet, und nur die niedrige Lage der Chausseen und Gassen kann eine zu geringe Bogenhöhe entschuldigen. Bey der Bestimmung des befsten Verhältnisses der Höhe des Bogens zu seiner Oeffnung, mufs jedoch auf die Biegungsfähigkeit des Bauholzes Rücksicht genommen werden. Nach meiner Erfahrung, kann das Krümmen der langen Curven nur so weit getrieben werden, dafs sich die Höhe des Bogens zu seiner Oeffnung wie 1 : 8 verhält, und auch hierzu mufs man wenig ausgetrocknetes Holz nehmen, und dasjenige aussuchen, welches nicht viele Aeste und bereits auf dem Stamm eine natürliche Krümmung hat. Man wird daher genöthigt, das Verhältnifs wie 1 : 10 als das anwendbarste anzunehmen, und dasselbe zwischen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{12}$ abwechseln zu lassen, je nachdem die Localität es zuläfst. Indessen wird der Ingenieur wegen der niedrigen Lage der Uferlande, Chausseen und Ortschaften und dem Steigen der Hochgewässer, nur selten das Verhältnifs von $\frac{1}{8}$ anwenden können, weil es immer besser ist, den Anfang des Bogens, der Hochgewässer wegen, höher zu stellen, als mit der Bogenlinie zu steigen, und es wird Fälle geben, wo man die Bogenhöhe nur $\frac{1}{15}$ der Oeffnung machen kann. Dann vermehre man aber die Anzahl der Bogenrippen, und gebe den Schwellen, worin sich dieselben bey den Widerlagern anstemmen, d. i. den Stützschwellen, eine aufgehende Lage, wie Fig. 2. (bey *h*. 5.) Tab. 124. zeigt.

§. 138. *Die Entfernung der Verbindungsschwellen a a* gehört, wegen der Stabilität der Bogen, und der Zusammenziehung der einzelnen Curven (vermittelst der dadurch und diesen Schwellen gehenden Schrauben) zu der wichtigsten Abtheilung dieser neuen Construction; ich halte es demnach für nöthig, darüber einige aus der

Erfahrung gezogene Regeln mitzutheilen. Diese Schwellen, deren Höhe wenigstens 10″ betragen sollte, die vermittelst Schwalbenschwänzen 3 bis 4″ in die Bogenhölzer eingelassen werden müssen und wodurch die Hauptschrauben gehen, verbinden die einzelnen Haupttheile der Brücke (wie z. B. die Rippen) untereinander. Sind sie weit entfernt, so verliehren die Kreutzstreben und Windruthen, ihrer Länge wegen, die erforderliche Steifigkeit und Stützkraft, und es muſs, zwischen zwey solchen Schwellen, noch eine Schraube (durch die Curven) gezogen werden, wie bey der Brücke von Augsburg geschehen ist. Auch die gegenüber stehenden Rippen können bey zu groſsen Schwellfeldern nicht gehörig zu einem Ganzen verbunden werden; dieselben biegen sich, bey zu weiten Abständen dieser Schwellen, seitwärts aus, und oscilliren, so daſs also die Festigkeit und Stabilität der Brücke leidet. Ferner können, bey zu groſser Entfernung der Verbindungsschwellen, weder sie selbst, noch die Curven und die Zwischenschwellen (Bundhölzer) scharf gespannt werden; endlich muſs man den Druck der über die Brücke gehenden Lasten und der den Brückenweg beschwerenden Masse, auf so viele Puncte als möglich vertheilen, welches von vielen Verbindungs- und Tragschwellen bewirkt wird. Durch jede solche Schwelle und der Rippe muſs aber eine Schraube hindurch gehn, um sie mit dem Schluſsbalken zu verbinden. Wer sie also selbst bey den günstigsten Umständen, weiter als 18 Schuh entfernen wollte, der würde für die Stabilität der Brücke fürchten müssen. Nach meiner Erfahrung sollten sie auf folgenden Abstand, (von Mitte zu Mitte) liegen. *a)* Bey zwey Seitenrippen in einem Bogen, wenn doppelte Windruthen oder eine Lage Kreutzstreben und eine Lage Windruthen (in drey Schwellenfeldern) angebracht sind, wie bey der Biesenhofer Brücke 12 bis 14′. *b)* Bey drey Rippen 13 bis 18 Schuh, wobey aber die Curven einer Rippe, mit einer Schraube, (zwischen je zwey Verbindungsschwellen) zusammengezogen werden müssen. *c)* Bey den Diagonalrippen betrage dieser Abstand nur 9 bis 13 Fuſs, weil oft die Windruthen fehlen; und *d)* bey vier einzelnen Bogenrippen 8 bis 9 Schuh. Im Allgemeinen ist es aber anzurathen, diese Abstände eher zu verringern, als zu vergröſsern, weil, wie gesagt, die Stabilität und Tragkraft des Brückenkörpers, von der Annäherung der Verbindungsschwellen und Schrauben wesentlich abhängt. Zum sichersten wird man verfahren, wenn man dieselben nie über 10 Schuh Abstand anbringt, und sie bis 8′ zusammenrückt. Kann der Ingenieur dieselben, wie bey der Bamberger, Mühldorfer und Rosenheimer-Brücke geschehen ist, aus Eichenholz nehmen, so ist es desto besser: denn eines Theils sind dieselben mehr als das übrige Holz den aus dem Wasser aufsteigenden Dünsten und der durch die Bogenöffnungen durchziehenden Luft ausgesetzt, und andern Theils wird die Oscillation einer Bogenbrücke dadurch sehr geschwächt, wenn einige Bautheile aus Eichenholz bestehen. Die durch die Fibern des gesammten Holzes gehende Oscillation wird nämlich dadurch bedeutend gestört, wenn verschiedene Gattungen von Holz miteinander verbunden werden; denn das Eichenholz

kann, seiner geringen Elasticität und seiner kurzen Fibern wegen, nicht so stark als Nadelholz oscilliren. In diesem Betracht dürfte es gewiſs zweckmäſsig seyn, wenn bey sehr groſsen Oeffnungen von 300 Fuſs und darüber, eine Lage der Curven entweder in den Diagonal- oder Seitenrippen, wenn ferner die Stütz- und Verbindungsschwellen, Kreutz- und Stütz-streben und so wie auch die Windruthen, aus Eichenholz beständen.

§. 139. Da die Erfahrung bey den von mir erbauten Bogenbrücken bewiesen hat, daſs des Bogens schwächste Stelle in dem vierten Theil seiner Hälfte (vom Widerlager angerechnet) statt findet; so sollte man die Schenkel der Hauptrippen aus vier bis fünf Curven übereinander bestehen lassen, und daneben vom Widerlager ab, längs jeder Rippe, nach dem unmittelbar den Brückweg tragenden Schluſsbalken, Stützstreben *s*, *t* (F. 2. T. 124.) wo möglich die eine bis zur zweyten Tragschwelle, oder noch weiter, wenn die Stützstrebe nicht unter 30° zu liegen kommt, hinaufgehen lassen. Diese Maaſsregel kann ich nicht genug empfehlen, indem dadurch gerade die schwächste Stelle des Bogens, ein Theil der auf sie drückenden Last benommen und ihr Druck mehr auf die Widerlager oder Pfeiler oder auch auf die Joche versetzt wird. Ich habe diese Regel bey mehrern Brücken angewendet. Kommen diese Stützstreben unter einen kleinern Winkel als 30 Grad zu liegen, so lasse man von ihrer Mitte eine Zugstrebe nach dem Widerlager oder Joch, oder auch eine dadurch gezogene Schraube gehen und verbinde das eine oder andere mit dem Schluſsbalken; auf diese Weise wird die Tragkraft der Stützstrebe verstärkt. Dieses letzte Mittel habe ich auch bey der Landsberger Brücke, mit den Zugschrauben Fig. 2. Tab. 106., angewendet.

§. 140. Die mittlern Curven einer Rippe müssen, so weit als möglich, von der Mitte des Bogens, ab, und niemals in ihrer Nähe zusammenstoſsen oder geschiftet werden, wodurch die Tragkraft und Stabilität des Bogens natürlich verstärkt wird. Diesen Zweck wird man am sichersten erreichen, wenn, bey groſsen Oeffnungen, eine ungerade Zahl von Curven (der Bogenlinie nach) genommen wird. Hievon kann jedoch in solchen Fällen abgewichen werden, wo man, der Länge der Bauhölzer wegen, mit gröſserer Oekonomie, eine gerade Zahl zu nehmen genöthigt ist. Bey Oeffnungen von 80 bis 200 Schuh wende man dazu drey; von 200 bis 250 fünfe; von 250 bis 300 sechse; von 300 bis 350 Schuh, sieben Balken an.

Auch muſs die Anzahl der in einer Lage anzuwendenden Curven, ihrer Länge und Zusammensetzung wegen, dergestalt gewählt werden, daſs die gröſste Krümmungs-Ordinate nicht gröſser wird, als sie von der, wegen den Krümmungen der Hölzer mitgetheilten Erfahrungen angerathen wird. Den 20sten Theil der Länge wird dieselbe bey jungen noch grünen Kiefern- Lerchen- oder Fichtenholz, ohne Bedenken, betragen, bey starken grünem Holze zu 12 bis 16″ im Quadrat, kann die Krümmungs-Ordinate $\frac{1}{17}$ der Länge ausmachen.

Müssen die *schiftungen* der Curven, wenn es nur immer der Holzlänge und der Verbindungs- oder spannschwellen wegen thunlich ist, über eine Verbindungsschwelle oder da gelegt werden, wo durch die Curven eine Schraube gezogen ist, um sie zusammen zu pressen; alsdann mufs aber eine Curvenhälfte über die andere geschiftet werden. Bey der Augsburger Brücke war dies, der Construction der Brücke wegen, nicht thunlich, (Tab. 110. Fig. 2. und 3.) weil die Verbindungsschwellen mit ihrem Kopfe keinen Raum für die Schiftungen zuliefsen. Die Schiftungen sind dergestalt auszutheilen, dafs sie nicht, in parallel gehenden Rippen, in einer und derselben Ebene liegen. Durch diese Abwechselung wird natürlich die Festigkeit der Brücke vermehrt, und die Oscillation verringert. Die Zungen der Schiftungen sind zur halben Holzstärke einzuschneiden, und ihre Länge sollte 22 bis 40 Zoll betragen, damit sie desto fester aufeinander liegen, und mit so viel Hirnholz, als möglich, aneinander stofsen. Sie sind daher genau passend und mit winkelrechten Schnitten auszuhauen. Anstatt solcher Schiftungen sollten die Curven der mittlern Lage einer Rippe, nach senkrechten Schnitten zusammenstofsen, wie dies bey der Mühldorfer Brücke, F. 2. T. 124., geschehen ist. Auf diese Weise stofsen nämlich zwey grofse Flächen Hirnholz gegen einander, und zwischen je zwey Curven kann auch ein eichener oder eiserner Keil eingetrieben werden. So darf daher das gegenseitige Eindrücken der Hirnholzflächen nicht befürchtet werden, weil es die durch die Curven gehenden Schrauben, nicht zulassen; aber die obern Curven einer Rippe müssen mit Zungen zusammenstofsen, weil sie sonst aufspringen.

Die einzelnen Curven eines Bogens sind in den ersten Jahren, nach Vollendung des Baues, mittelst den Schrauben, immer von neuem zusammenziehen, wenn sich die Schiftungen nicht auseinander geben sollen. Der Abstand dieser Schrauben betrage, nach meiner Erfahrung, bey drey Curven in jeder Rippe, 10 bis 12′; bey Bögen, die an ihrem Anfange mehr als drey Curven übereinander haben, 6 bis 10 Schuh. Haben die Seitenrippen doppelte Curvenlagen nebeneinander, so mag derselbe, wegen Vermeidung der Oscillation, nur 9 Fufs betragen; denn je fester die Curven zusammen gezogen werden, desto inniger werden die einzelnen Theile der Brücke, zu einem stabilen oder festen Körper gebildet. Selten wird indessen der Ingenieur und besonders da, wo man Diagonalrippen anbringt (bey denen die Verbindungsschwellen in engern Abständen zu stehen kommen) so weite Entfernungen der Schrauben anordnen, als hier angenommen ist. Werden zwey Curven nebeneinander angebracht, so mufs man beyde Lagen mit halbzölligen Schrauben untereinander verbinden!

§. 141. *Die Anzahl der in einem Bogen übereinander zu legenden Curven* habe ich zuerst bey der Oettinger Brücke (Tab. 117.) festgesetzt. Wenn aber in Erwägung gezogen wird: dafs ein gekrümmter zwischen zwey Stützpuncten gespannter Balken das siebenfache als ein horizontalliegender trägt, und dafs eine Curve mit 120 Centner belastet werden kann, ohne sich nachtheilig zu senken, so kann

mit der gröfsten sicherheit angenommen werden, dafs, bey einer 80 Fufs grofsen Oeffnung, zwey Curven in jeder Seitenrippe, hinreichend sind. Aber bey dem Bau der Bogenbrücken hat der Ingenieur nicht allein die Kraft, womit ihre Haupttheile dem Druck der Fuhrwerke und der Last mehrerer Bautheile widerstehen müssen, zu berücksichtigen, sondern auch die Stabilität des Brückenkörpers, folglich die Oscillation seiner Tragstücke zu verhindern. Wenn also auch mehrere Versuche zeigten, dafs ein einzig gekrümmter Balken, der zwey gegenüberstehenden Seitenrippen, die übrigen Bautheile tragen und der Last der Fuhrwerke widerstehen könne; so mufs man doch, wegen Verhütung der Oscillation, bey Oeffnungen von 80 Schuh, 2 Curven auf einander legen. In dieser Hinsicht habe ich bey allen gröfsern Brücken, die nicht eine doppelte Curvenlage neben einander haben, in der Mitte, wenigstens drey Curven gebraucht; an dem Anfang der Bögen aber, bey gröfsern Oeffnungen, je nach der Stärke und Schwäche des Bauholzes, vier bis sieben Curven aufeinander gelegt. Solche doppelten Curvenlagen liefsen mir auch bey der Rottbrücke S. 372. den Entschlufs fassen: in der Mitte des Bogens, wiewohl dessen Weite zweyhundert Schuh beträgt, nur zwey Curven übereinander anzubringen. Hierdurch bewirkte ich einige Holzersparnifs, sechszehn Zoll niedriger liegende Chausseedämme und eine Abwechslung in der Construction. Zwey Curvenlagen nebeneinander in einer Rippe sind auch bey der mittlern Oeffnung einer aus drey, fünf und mehrern Bögen bestehenden Brücken, überhaupt bey allen grofsen Oeffnungen, wenn man nicht Diagonalrippen anbringt, zu empfehlen, weil dieselben eine vorzügliche Stabilität hervorbringen, das ist die Oscillation der Brückentheile unterbrechen, und die Rippen nicht von der Verticalebene ausweichen. Defswegen sind bey der Bamberger Brücke, in dem Brücken-Rückgrad, d. i. in der mittlern Rippe, 3 Curvenlagen neben einander angeordnet worden. Bey grofsen Oeffnungen von 170 Fufs und darüber mögen alle Bogenrippen eine doppelte Lage Curven nebeneinander erhalten. Wo es also wegen der Höhe der Auffahrten nur immer thunlich ist, lege man in der Mitte des Bogens drey Curven übereinander (d. i. in der Höhe) und zwey nebeneinander, vier Curven aber in der Höhe, wenn die Weite des Bogens 200 Schuh und darüber beträgt; fülle dann die Schenkel des Bogens vollkommen mit Curven aus.

Was die Breite und Höhe der Curven anbetrifft, so mögen sie, je nach ihrer gröfsern oder geringern Anzahl, nach der Bogenweite und der Holzgattung, schwächer oder stärker genommen werden. Die erstere mag 8 bis 14 Zoll und die letztere 10 bis 18 Zoll betragen. Hat der Bogen 4 Rippen, so mögen die zwey mittleren auch aus zwey bis vier Zoll dicken Planken oder Brettern gemacht werden, wie bey der Altenmarkter Brücke Tab. 119. Fig. 2. geschah; alsdann müssen aber die Windruthen nicht fehlen.

§. 142. Die Stabilität des Brückenkörpers wird zwar, wie gesagt, durch die Anzahl der in den zwey Parallelen- oder Seitenrippen über einander liegenden Curven

vermehrt, aber dennoch nicht vollkommen bewirkt, weil die Schwingung und Seitenausbiegung der Brücke dadurch nicht gänzlich verhindert ist. Ich habe daher den sichern Stand der Brücken noch durch folgende Maaſsregeln zu bewirken gesucht: *a)* Durch Anwendung mehrerer parallel gehender Rippen in einer Oeffnung, wie z. B. bey der Augsburger, Irsinger, Rott, Bamberger, Mühldorfer und Altmarker-Brücke. *b)* Durch die geringen Abstände der Verbindungsschwellen. *c)* Durch Anbringung der Stützklötze, Spannstreben und Windruthen. *d)* Durch die diametrale Verbindung der Diagonalrippen Tab. 115. *e)* Durch die Umgebungen und Füllung der Joche und ihre Construction, weil dieselben bey einzelnen Jochpfählen stets oscillirt hätten, und nothwendig die Schwingung, worin sie gerathen, dem Brückenkörper mitgetheilt haben würden. *f)* Durch die Stützstreben und endlich *g)* durch Befestigung der Rippen in die Widerlager auf den nach einer schiefen Fläche gelegten Stützschwellen, die man auf Grundschwellen, welche man in das Gemäuer des Widerlagers einlegte, ruhen. Diese Verbindung ist bey den Bogenbrücken wesentlich, denn sie giebt unverrückbare Stützpunkte. Endlich müssen die Bögen an den Jochen fest aufliegen: dieses, so wie die Anbringung von Diagonalrippen, oder wo diese fehlen, die Einziehung der Kreutzstreben und Windruthen, verhindert, ausser der Oscillation auch die Ausbiegung von der Verticalebene, die ehemals bey Häng- und Sprengwerken statt gefunden hat; sie giebt dem ganzen Brückenkörper eine Steifigkeit, und vertheilt den Druck der Lasten auf eine groſse Anzahl von Tragpuncten.

§. 143. Wo man Eichenholz oder Lerchenholz haben kann, müssen alle in die Widerlager hineingehenden Curven, so wie die Schluſsbalken, Tragschwellen, Straſsenträger und Geländer aus diesen Hölzern bestehen, weil diese Theile der Bogenbrücken mehr als die übrigen der Nässe ausgesetzt sind, folglich in Fäulniſs übergehen. Auch kann man deſswegen die obere Curvenlage aller Rippen, die Geländer, Tragschwellen, Verbindungs- und Schluſsbalken, aus diesen Holzarten wählen, wenn es nur immer thunlich ist. Ueberhaupt sollte man die Haupttheile der Bogenbrücken daraus zu machen suchen; sollte die Brücke auch einige tausend Gulden mehr kosten.

§. 144. Sind bey diesen Bogenbrücken, so wie bey den Brücken aller Art, sichere Stützpuncte nothwendig; sie sollten immer aus massiven gut fundirten Widerlagern und aus den im vor. §. angeführten Verbindungen und die mittlern, aus Jochen, von Eichen- oder Lerchenholz, wie bey der Rosenheimer Brücke (Tab. 122.) oder aus massiven Pfeilern, wie bey der Bogenhauser Bogenbrücke vor München und bey der Mühldorfer Brücke (Tab. 124.), bestehen. Nur in Nothfällen nehme man zu den Jochpfählen anderes, als Eichen, Lerchen oder Kiefernholz.

§. 145. *Wegen den Pfahljochen* selbst kann ich blos auf die §. 13. bis 17. verweisen, indem ich davon schon an mehrern Stellen fast alles, was sie betrifft, gesagt habe. Werden gemauerte Pfeiler angebracht, so gebe man ihnen eine Dicke von 4 bis 6′, je nachdem der Fluſs reissend ist und einen Eisgang führt; bey Flüs-

sen, wie der Rhein, die ungeheure Eismassen führen, wähle man feste, aus Eisen gegossene Pfähle, weil weder die hölzernen Joche noch gemauerte Pfeiler dem Eisgange Widerstand leisten werden, es sey dann, daſs man vor denselben drey hohle eiserne Pfähle einrammte, und dem mittlern oder vorstehenden Pfahl eine scharfe gegen den Strom gekehrte Kante gäbe.

§. 146. *Die Widerlager* anbetreffend, so richtet sich *a*) ihre Breite sowohl nach dem darauf gerichteten Anfall des Stromes und der Eismassen, als nach der Breite der Brücke; immer sollte sie diese um 10 Schuh übertreffen. Als Beyspiele dienen die Widerlager der Brücken von Mühldorf Tab. 124. und Rosenheim Tab. 122. *b*) Ihre Dicke sollte nicht unter 12 Schuh betragen, damit der Bogen in dieselbe noch 6 bis 10 Schuh hineingehe, um dessen Stabilität zu vermehren und dessen Seitenausbiegung zu verhindern. *c*) Des Widerlagers Höhe mag bis zur Auffahrt hinauf gehen, um auf demselben Sitzbänke anzubringen, und den Chaussee-Körper zu sichern; nur sehr breiten Widerlagern gebe man auf ihren Seiten Abdachungen. *d*) Wenn der Ingenieur erwägt, daſs eine unbedeutende Senkung des Widerlagers von dessen in dem Entwurfe gegebenen Stande, die Seitenausbiegung bewirken, und die schöne Form der Bogenbrücke verderben müſste, so wird derselbe auf dessen Gründung und Aufführung alle Sorgfalt verwenden. Der geringste Nachtheil, welcher daraus entstünde, wäre dieser: daſs wenn die Senkung nach Vollendung des Baues entsteht, man die den Widerlagern zunächst stehenden zwey Bögen, durch Pfahljoche unterstützen, mit Schraubgeschirre in die ursprüngliche Lage bringen, und sie in die Kammer des Widerlagers dergestalt mit auf Feuer getrockneten Klötzen und Keilen unterlegen müsse, damit sie wieder ihre Form erhalten.

§. 147. In der Regel muſs man also die Widerlager aus Mauerwerk machen, wenn gleich die aus Balkenwänden bestehende, mit Feldsteinen, Kiesel und Mauerschutt, oder einem Guſs von frischgelöschtem Kalch und Kies auszufüllenden Widerlagern nicht ganz zu verwerfen sind. Diese werden jedoch früher als die Bögen verfaulen, und dann erfordern sie, wegen der Schwere des Brückenkörpers, besonders da, wo der Grund nicht aus Steinen besteht, gleichwohl einen Pfahlrost; folglich müssen dabey die bedeutendsten Ausgaben gemacht werden; endlich geben sie kein schönes Ansehen. Auch zeigen sie von der Armuth der Regierung oder des Volks, die man, am allerwenigsten bey öffentlichen und nützlichen Werken, zur Schau ausstellen sollte, welches man, auch, nachdem jetzt der Bau der Bogenbrücken bekannt ist, mit dem Bau der gewöhnlichen elenden Pfahlbrücken (über groſse Flüsse) thun würde! Es ist daher zweckmäſsig, die Widerlager stets von Steinen zu erbauen, wozu auch gutgebrannte Ziegel, die eben so lange als Werkstücke dauern, zu gebrauchen sind. Wie man indessen die einzelnen innern Abtheilungen der Widerlager anstatt eines Mauerwerkes mit Kiesel und Mörtel ausfüllen könne, ist bey den Brücken von Augsburg, Oettingen und Freysingen gezeigt worden. Endlich wird man gut thun, in den Sei-

tenmauern der Widerlager kleine Oeffnungen zu lassen, um den Luftzug in ihren Kammern zu erhalten. Derselbe ist zur Conservation des in diesen Kammern eingelassenen Holzes sehr nützlich; auch mufs in dieser Absicht, die Kammer nach jedem anhaltenden Regenwetter, gekehrt werden, und der Brückenweg sollte, so weit er über die Kammer geht, mit einem Cementgufs bedeckt und gepflastert seyn.

§. 148. So wie bey den, dem Angriffe der Gewässer auszusetzenden Gebäuden und Anlagen aller Art, die Gründungen ihre wesentlichen Theile ausmachen, und wenn diese mit Kenntnifs ausgeführt sind, das Uebrige der Bauführung, nicht besondern Hindernissen unterworfen ist; so mufs der Ingenieur die Fundirung der Widerlager von den Bogenbrücken, durch die Untersuchung des Bodens begründen, und sie mit Sachkenntnifs angeben. Wir sehen die Wichtigkeit hiervon bey den steinernen Brücken; die eingestürzten waren schlecht fundirt, welche Fehler man ihnen auch noch sonst zuschreiben mag! Die Widerlager der Bogenbrücken können nun auf viererley Weise gegründet werden. *a*) Auf den natürlichen festen Boden oder Felsen, wie dies mit der Vilshofer Brücke geschehen ist; *b*) auf einen Schwellrost über gesunkene Bauwerke, wie z. B. die *Bamberger* Brücke, oder auf einen Boden mittlerer Gattung, der nicht nachsinkt, nicht comprimirt werden kann, wie bey der *Altenmarkter Alzbrücke*. *c*) Auf einen durch natürliches Erdreich geschlagenen Pfahlgrund, oder *d*) auf, durch Faschinenbauwerke und in den natürlichen Boden gerammte, Pfähle. So ist z. B. das rechtseitige Widerlager der *Freysinger* Brücke fundirt. Ist der Boden locker oder sandig, so mufs man die vordern Reihen Grundpfähle, Pfahl an Pfahl, oder auf einen Fufs Abstand, die übrigen Grundpfähle auf 2 bis 3 Fufs einrammen lassen, wie bey den *Landsberger* und *Biesenhofer Brücken* geschehen ist. Besteht der Boden aus Kies oder Erde, so mögen die Pfähle auf 2 ½ bis 4 Schuh Abstand stehen, wie dies bey den meisten in diesem Werke beschriebenen Brücken der Fall ist. Die Grundpfähle sollten im Mittel wenigstens 10 Zoll stark seyn, eus Eichen-, Lerchen-, Kiefern-, Tannen- oder Erlenholz bestehen, und niemals anders als mit einem Rammklotze von 10 bis 12 Centner schwer, bis zum stehen eingerammt werden, und gute Pfahlschuhe (§. 15.) erhalten. Wer also noch nicht an einem Flusse, worauf die Brücke erbaut werden soll, gebaut, oder nicht eine vielseitige Erfahrung hat, die ihn fähig macht, aus der Natur des Bodens auf die Errichtung der Fundirung zu schliefsen, der mufs Probepfähle eintreiben lassen, um die Menge der Grundpfähle zu bestimmen. Auf die Grundpfähle kömmt der Schwellrost zu liegen, und dessen Felder sind niemals mit Thon oder Erde, wie einige thun, sondern mit Kiesel, kleinen Bruchsteinen, Ziegelschutt und Cement oder frisch gelöschtem Kalch auszufüllen, damit der Schwellrost auf eine solide Masse liege, die nicht vom Flufs oder von Quellen fortgeführt werden kann. Dieser hölzerne Rost sollte, um denselben den abwechselnden Einwirkungen der Sonne und der Luft zu entziehen, wenigstens einen Schuh, oder besser zwey bis drey Schuh (besonders bey den Pfeilern) unter dem niedrigsten

Wasserstande gelegt, und wo dieses nicht thunlich ist, mit einem Steinwurf oder einem Faschinenbau umgeben werden. In reissenden Flüssen ist der letztere mit grofsen Steinblöcken zu bedecken, um die Unterspühlung des Widerlagers unmöglich zu machen. Diese Maafsregel habe ich bey allen Brücken, mit dem vorzüglichsten Erfolge, angewendet. Wo sehr grofse Steinblöcke von 20 Cubikschuhen und darüber in der Nähe zu haben sind und das Faschinenholz sehr theuer ist, mögen die Widerlager und Joche damit umworfen werden, und bey grofsen Tiefen und im reissenden Strome sind in der Oberfläche solche Steine in einem liegenden Rost, regelmäfsig einzusenken, welcher mit Planken zu bedecken ist.

§. 149. Was die Stellung und Anzahl der Pfähle in den Jochen anbetrifft: so beziehe ich mich auf den 18. §. Werden steinerne Pfeiler gewählt, so gebe man denselben, wie gesagt, eine Dicke von 4 bis 6 Schuh, je nachdem der Eisgang stark ist; dickere Pfeiler würde ich nicht aufführen, weil sie dem Strom und den Eismassen zu grofse Flächen entgegenstellen. Wie man die Eisschienen daran anbringen, und welche Form man ihren Vorköpfen geben könne, und wie lang diese seyn müssen, dies werde ich bey den Maximen des Baues der steinernen Brücken zeigen. Führt der Flufs einen starken Eisgang, so lasse man die Vorköpfe der Pfeiler bis zum Trottoir, wie bey der *Mühldorfer-Brücke* (Tab. 124.) hinaufgehen, um dem Pfeiler mehr Schwere zu geben, das ist, seinen Widerstand gegen die Eisschollen zu verstärken. Die Pfeiler lasse man, wenn nicht Felsen im Flufsbette liegen, auf einem Pfahl- und Schwellroste aufführen.

§. 150. Die Bögen solcher Brücken müssen bey ihren Stützpuncten mit getrockneten und $\frac{3}{4}$ Stunden in Oel gesottenen eichenen Keilen gespannt, die Schiftungen und alle kleine Zwischenräume zwischen den einzelnen Curven damit ausgeschlagen; diese Keile aber in dem ersten Jahre der Erbauung alle drey Monate, oder so bald sie locker sind, nachgeschlagen werden; ferner lasse man die sämmtlichen Schrauben eben so oft nachziehn *), um die Spannung der einzelnen Theile und des ganzen Brückenkörpers stets vollständig zu erhalten. Zur festen und unverrückbaren Lage der übereinander liegenden Curven läfst man auch wohl Schlufskeile (T. 105. F. 11.) anbringen. Diese Keile sind jedoch nur dann nothwendig: wenn man einen Werksatz auf dem Lande errichtete, nicht aber, wenn die Brücke gleich auf eine Flufsrüstung abgebunden wird; denn auf dieser kann man viel genauer arbeiten, und die Bögen gleich gehörig spannen. Diese Schlufskeile sind alsdann durchaus nothwendig, wenn man wenig Curven aufeinander, und die Verbindungsschwellen weiter als 10 Schuh auseinander legt. Sie verdienen vor den Verzahnungen, welche die Holzfibern trennen, bey allen Kuppelungen der Bauhölzer, und besonders bey den aufeinander liegenden Curven und bey Kuppelung der Diagonalrippen (Siehe bey *g* Tab. 113. Fig. 5.)

*) Die Schrauben gehen gewöhnlich drey Monate nach dem Bau 12 Linien und in den ersten 18 Monaten bis 3 Zoll, dann aber nicht mehr.

den Vorzug, und sind äuſserst zweckmäſsig, weil sie jede Verschiebung zwey aufeinander liegender Bauhölzer unmöglich machen. Sie müssen von hartem und trocknem Holze, d. i. von Eichen keilförmig gemacht seyn. Man kann sie auch ½ Stunde lang in zum sieden gebrachtes Oel legen. Sie können 12 bis 18 Zoll lang und 5 bis 7 Zoll hoch seyn. Die Fasern ihres Kopfes oder ihrer äuſsern Theile, d. i. ihrer längsten Flächen, müssen mit den Fasern derjenigen Hölzer, worin sie eingetrieben, parallel laufen.

§. 151. Die *Stützklötze* 2. 2. (Fig. 7. und 9. Tab. 105.), an welchen man die Windruthen eintreibt, können in der Regel von Eichenholz genommen werden. Ich habe sie bey dieser neuen Construction zuerst angeordnet. Ferner machen sie die Verzapfungen der Windruthen in die Schwellen, welche immer, wie alle Verzapfungen, die Spannung vermindern, entbehrlich, und lassen eine sehr feste Antreibung oder Spannung der Windruthen und Streben zu, welche wesentlich zur Stabilität des Brückenkörpers beyträgt.

§. 152. Eine andere Maaſsregel tritt bey dem Anstoſsen der Curven an die Stützsäulen der Joche ein. Man kerbe diese Säule für jede Curve 3 bis 5″ dergestalt ein, daſs die obere Curve nicht aufspringen kann. Werden steinerne Pfeiler aufgeführt, so errichte man in ihrer Mitte eine Stützsäule, und lasse die Curven der zwey Bögen in die darin gemachten Einkerbungen eintreten, wie dies bey der Mühldorfer Brücke (Fig. 3. Tab. 124.) geschehen ist, oder man lasse die Curven an eichene 3 Zoll dicke Planken anstoſsen, wie es bey der Bogenhauser Brücke, bey München, geschah.

§. 153. Bey sehr groſsen Oeffnungen von 200 bis 600 Fuſs muſs man den in die Widerlager liegenden Theil der Rippen, der, je nach der Weite des Bogens 12 bis 18 Schuh betragen kann, zum Theil oder ganz einmauern, oder bis über den Schluſsbalken hinauf. Hierdurch wird die Stabilität und Spannkraft der Brücke ausserordentlich vermehrt werden. Damit aber das Holz der Fäulniſs, welches dasselbe in Mauern ausgesetzt ist, entzogen werde, muſs es vorher mit siedendem Oel bestrichen, dann aber, wo es geschehen kann, mit einer eine Linie dicken Bleyplatte umlegt werden. Die Oberfläche dieses Gemäuers erhalte, zum Ablauf des Wassers, eine geneigte Lage, wie bey den Brücken von Bamberg Tab. 120. und Mühldorf Tab. 124. geschehen ist.

§. 154. *Die lange Dauer der Bogen-Brücken* entsteht dadurch, *a*) daſs, nach den Maximen ihrer Construction, die Bögen alle Hochgewässer, die Eisgänge, Baumstämme und das Treibholz ungehindert durchlassen, die Fundation solide gemacht, die Joche und Pfeiler hinreichend stark angelegt werden, *b*) daſs man zu ihren Haupt-Bestandtheilen, wo möglich, Eichen-, Kiefern- oder Lerchenholz nimmt, welches vollkommen gesund ist; *c*) dasselbe austrocknen läſst, bis es betheert oder angestrichen wird, damit der Saft nicht darin ersticke; *d*) daſs man jede kleine Beschädigung sorgfältig ausbessert,

und anstatt der Joche, steinerne Pfeiler wählt. Wer diese Vorschriften beobachtet, wird von dem hölzernen Theil seines Werkes sich wenigstens eine zweyhundert fünfzigjährige Dauer versprechen.

§. 155. Auch für gute und sichere Flufsrüstungen mufs bey Ausführung dieser Brücken gesorgt werden. Wie diese anzulegen sind, zeigen eines Theils die Beschreibungen der von mir erbauten Bogenbrücken, und andern Theils die mechanischen Vortheile, von denen ich bald handeln werde. Zuweilen kann man dazu die alten Pfahl- und Jochbrücken, wie bey der Augsburger Brücke geschehen ist, gebrauchen. Bey sehr weiten Bögen mufs man Stuhlgerüste auf die eingerammten Joche errichten, weil diese nicht hinreichend hoch seyn können.

Ein bedeutendes Ersparnifs beym Bau kann dadurch erzielt werden, wenn man die Anlage von Baugerüsten oder Werksätzen vermindert und die Brücke gleich auf eine Flufsrüstung abbindet. Wo dies also nur immer geschehen kann, mufs es nicht verabsäumt werden, zumal da so die einzelnen Theile des Werkes weit genauer in einander verbunden werden können, als wenn man zuerst die Bögen auf dem Lande abbindet, dann diese wieder auseinander nehmen mufs, um sie auf die Flufsrüstung zu errichten.

Von den mechanischen Vortheilen, die bey der Ausführung der hölzernen Bogenbrücken, in der Ausführung begründet sind.

§. 156. *Zu den wichtigsten Gegenständen der Ausführung dieser Brücken gehört das Biegen der Bogenhölzer.* Es wird auf dem Werksatze oder auf der Flufsrüstung, nach viererley Methoden, bewerkstelliget. *a*) Durch Hebel und Ketten; *b*) mittelst Zug- oder Fufswinden, wie es in Fig. 2. Tab. 111. dargestellt ist. *c*) Mit beyden, d. i. mit Hebel und Winden zugleich (Tab. 105. Fig. 10.), oder endlich *d*) mittelst einer horizontalen auf den Boden befestigten Welle, worin Hebel gesteckt werden, und um welche ein von dem freyen Ende des zu biegenden Balkens abgehendes Seil mit dem Hebel herumgedreht wird, und so das Seil das eine Ende des zu krümmenden Balkens abwärts zieht; und ihn daher über sein Unterlager krümmt. Je kürzer das Seil ist, desto tiefer mufs das Ende des Balkens sich senken, d. i. desto stärker wird der Balken gekrümmt. Ich will eine Krümmungsmethode hier etwas umständlich zeigen.

Wenn die Lage aller Verbindungsschwellen, welche mit Röthel bezeichnet, so wie auch die Rüstung vollendet ist, so zieht man die ersten Balken entweder vermittelst des Hebebaumes oder mit einer andern, bey dem Werksatz stehenden Hebmaschine; oder auch vermittelst einer auf die Rüstung selbst befestigten Erdwinde, über eine an der Seite angebrachte Transportrüstung, auf die Flufsrüstung und zwar über untergelegte Walzen hinauf. Ist der Balken auf die Rüstung Fig. 11. 12. 13. und 14. Tab. 120. gelegt, so drehen ihn die Zimmerleute, im Schwerpuncte, über

eine Walze; dann werden zwey Walzen darunter gelegt, um ihn vorwärts zu schieben. Man läſst ihn von der Mitte der Rüstung aus, wo man ihn hinaufgehoben hatte, nach der Seite abwärts. Damit dieser Balken nicht zu schnell heruntergleite, wird derselbe, vermittelst eines mit einem Hacken an seiner Mitte befestigten Seiles und mit der auf der Rüstung angebrachten Erdwinde, langsam heruntergelassen. Jetzt wird daran der untere Einschnitt, der in die Kerbe der Stützschwelle bey *a* Fig. 14. einpassen soll, ausgestemmt, und nun legt man ihn auf sein Unterlager, das sind die Verbindungsschwellen, und markirt an denselben, mittelst des Winkelhakens und Röthels, diejenigen Einschnitte, welche in denselben gemacht werden müssen, um darin die Verbindungsschwellen einzulassen. Sind diese Einschnitte bewerkstelligt, so wird der Baum abermals auf diese Schwellen und in die Kerben der Stützschwelle gelegt; dann gegen *a* zu, von oben, angetrieben, und genau in das Allignement des Bogens gelegt, und durch Seitenschläge, die mit Hämmern bewirkt werden, eingetrieben. Jetzt wird bey *a* eine 1 ½ Zoll dicke Kette um den Baum geschlungen, zwischen ihm und derselben aber ein Keil gezwängt, und nun krümmt man ihn, vermittelst Ketten und Hebel, bey dem entgegengesetzten Ende, indem man eine Walze unter die Kette legt, damit dieselbe nicht in die Curve einschneidet, und diese Kette wird zugleich unten an die Rüstung befestigt. Bey einer geringen Krümmung werden mehrere solche über die Verbindungsschwellen eingeschnittene und darauf gelegte Bäume, vermittelst der Hebel *ffff*, zugleich gekrümmt, und dann mit dem auch an das Gerüst befestigten Zwingen *z* oder mit Zugstützen, heruntergehalten. Ist die zweyte Curvenlage zu jedem Bogen auf das Gerüst gebracht, so werden zuerst die in die Widerlager kommenden Curven auf die untere Curve gelegt, und in die Kerbe der Stützschwelle eingetrieben. Jetzt werden daran die Schwellenköpfe, welche in sie hineingehen, markirt, und ausgestemmt; nachdem der Balken gewendet ist. Jetzt legt man ihn abermals auf die untere Curve und genau in das Allignement des Bogens, umschlingt dessen unteres Ende mit einer Kette, und treibt es genau in die Kerbe der Stützschwelle mit Schlägen, gegen das untere Ende mittelst des Aufstoſsens eines Handstämpfers; legt dann um das obere Ende eine andere Kette, schlingt dieselbe um das Gerüst, steckt ober dem Balken oder unter der Gerüstschwelle einen Hebel durch, und biegt, vermittelst derselben, den zur zweyten Curve bestimmten Balken, der, wo es nöthig ist, noch mit der Handramme, niedergestoſsen wird. Liegt derselbe an einigen Stellen zu sehr auf der unteren Curve auf, und steht deſswegen an andern Stellen zu weit davon ab, so wird mit einem Stangenzirkel die weiteste Oeffnung zwischen den beyden Curven gemessen, und dieses Maaſs reiſst der Polier nach der bogenförmig abgehobelten Oberfläche der untern Curve, längs der einen Seite jener daraufgelegten, mit Röthel, ab. Diese wird alsdann von dem Lager gewendet, und bis zu diesem Röthelstrich abgehobelt. Ist dieses geschehen, so wird sie nochmals in ein Lager gelegt und angetrieben, gebogen und mit Klammern an die untere Curve be-

festigt. Jetzt wird die Oberfläche genau für die dritte Curve mit der untern Fläche parallel abgehobelt, damit sie wieder ein genaues Lager für den dritten Balken giebt. Liegen mehrere Curven über einander, und sind dieselben gemeinschaftlich mit Ketten umschlungen und zusammengetrieben, so werden, in je zwey Curven, die Oeffnungen für die Schlufskeile ausgestemmt, und diese aus Eichenholz bestehenden Keile werden darin eingetrieben. Auf diese Weise können die Curven keine Zwischenräume zwischen sich lassen, welches ein absolutes Erfordernifs ist; ja, die Curven werden genau im Allignement des Bogens zu liegen kommen.

Bey dieser Methode können vier geübte Zimmerleute, vier Bogenhölzer, in einem Tage, in ihre Lager bringen, einrichten, für die Schwellen ausschneiden, und krümmen; zwanzig Mann können in einem Tage vier solche Balken auf die 20 Fufs hohe Rüstung ziehen und in ihr Lager bringen, wenn dieselben auch 300 Schuhe davon entfernt, im Bauhofe, liegen.

Folgende allgemeine Regeln glaube ich zur Erreichung einiger Vortheile bey den Krümmungsoperationen vorzeichnen zu müssen. *a)* Die zu krümmenden Hölzer sollten nicht ganz ausgetrocknet seyn, weil sich frisches Holz leichter und besser biegt, als trockenes; indem seine Fibern mehr Elasticität haben. *c)* Flofsholz ist zu den Curven nicht so gut, als auf den Landwegen transportirtes, wie die Versuche §. 70. zeigen. Indem das Wasser daraus die harzigen Theile auslaugt, verlieren die Fibern einen Theil ihrer Biegsamkeit. *c)* Ist aber das kurze Zeit gefällte Holz gekrümmt worden, so mufs es auf dem Werksatze zwischen Zwingen *H* Fig. 10. Tab. 105. zwey bis vier Monate gehalten werden. Auf diese Weise trocknen die gebogenen Fibern in ihrer gekrümmten Lage, und das krumm getrocknete Holz behält die gröstmöglichste Spann- oder Tragkraft. *d)* Das Zopfende des zu krümmenden Stammes, der vollkommen gesund seyn mufs, ist nicht gegen die Stützpuncte des Bogens, sondern gegen die Mitte desselben zu legen, weil es sich, der jüngern Fibern wegen, leichter als das Wurzelende biegt. *e)* Wähle man zu den Curven im Walde etwas gegen das Zopfende zugebogene, aber dennoch gesunde Bäume, damit, wenn der Baum abgekantet ist, die Chorde oder Ordinate 4 bis 5 Zoll, bey einem 50 Schuh langen Stamm, beträgt. Hierdurch wird nicht nur die Krümmungsoperation sehr erleichtert, sondern es werden auch die Fasern des Holzes geschont, d. i. weniger getrennt, als wenn man den geraden Baum um so viel stärker krümmen mufs. *f)* Das zu biegende Holz mufs dergestalt auf die Unterlager, über die es gebogen werden soll, gelegt werden, so dafs es in des Unterlagers Nähe keine zu starke Aeste hat, weil es sonst früher bricht, indem sich die Fibern zuerst von den Aesten trennen. In dieser Hinsicht werden beym Krümmungs-Manöver, unter die Curven, Rundhölzer gelegt, erst in die Nähe des befestigten Theils, dann aufwärts desjenigen Theils von den Curven, womit die Krümmung bewirkt wird. Das heifst der aufwärts stehende Theil mufs auf einem Rundholze ruhen. *g)* Bey sehr heisser Witterung, wobey die Holz-

fibern leicht springen, müssen die zu krümmenden Hölzer, mit viel Wasser begossen werden. Ja, ich habe sehr deutlich bemerkt, dafs die Biegung der Curven, bey feuchter Witterung, mit weit weniger Kraftaufwand bewerkstelliget wurde, als bey heifser, und dafs die Fibern nicht so leicht zerreissen. *h*) Zu starken Krümmungen, bey denen die Ordinate $\frac{1}{18}$ der Länge des Holzes beträgt, mufs junges, ganz gesundes und grünes Holz gewählt werden, und dann mufs man mehrere Curven zugleich krümmen. *i*) Sollten die Fibern eines Balkens früher zerreissen wollen, bevor er noch die bestimmte Krümmung erhalten hat, so mufs man ihn stark benetzen, ihn nur gegen sein Ende, in Absätzen zu krümmen suchen, und Rundhölzer darunter legen. *k*) Wird die Krümmungsoperation durch die Unterlegung der Verbindungsschwellen, welche in das untere Bogenholz etwas eingelassen werden, sehr erleichtert, weil die defswegen darin angebrachten Ausschnitte, die Stärke des untern Balkens, über die Krümmungs-Unterlager, vermindern, und weil diejenigen Fibern, welche bey dem Krümmen zum stärksten zusammengeprefst oder in einander geschoben werden, das sind die Fibern des untern Theils des Balkens, bereits durch die in den Balken gemachten Einschnitte, getrennt sind. *l*) Bey dem Krümmen der Hölzer tritt nun ein für den Bau der Bogenbrücken äusserst günstiger Umstand ein: die Curven nehmen nämlich genau die Bogenlinie an, die die Unterlagpuncte vorzeichnen; die Fibern in dem untern Theil des gekrümmten Holzes schieben oder pressen sich nach dieser Bogenlinie zusammen und die der Oberfläche des Holzes dehnen sich nach der gröfsern Bogenlinie aus. Daher wird die untere Fläche eines jeden Balkens, im Queerschnitte, kleiner, und die Oberfläche gröfser, wie dies im §. 74. angeführt ist.

2) Damit die Bögen auf der Rüstung, ihre Krümmung behalten, werden die hölzernen Zwingen *H* Fig. 10. Tab. 105., deren Gebrauch äufserst vortheilhaft ist, angewendet. Sie mögen aus solchem Holz, welches viele Aeste hat und nicht von der Rinde entblöfst ist, bestehen. Eine solche Zwinge kann aus zwey mit Hacken versehenen Stöcken oder zuweilen aus einem zwey Hacken habenden Stück gemacht werden. Zwischen den Zwingen und den Curven treibt man Keile ein (s. Tab. 117. die perspectivische Ansicht des Werksatzes) und schlägt dieselben, je mehr das Holz trocknet, nach.

3) *Ein bequemes zur Stellung der grofsen Jochpfähle dienendes Manöver* erleichtert den Bau der Bogenbrücken sehr; ich will daher das von mir in der Ausübung zweckmäfsig befundene beschreiben. Die öfters 55 Schuh langen Jochpfähle können mit den Ramm-Maschinen nicht aufgezogen werden, weil diese sonst zu hoch gemacht werden müfsten, folglich auf isolirten Flufsgerüsten, dem Winde ausgesetzt seyn würden; es war daher eine Vorrichtung nothwendig, mittelst welcher die langen Jochpfähle leicht und sicher von den Flufsgerüsten herabgelassen werden. *a*) Nachdem der Zimmerschragen oder Stuhl *M* Fig. 4. Tab. 112., mittelst einer Kette oder eines Seils, auf die Rüstung *F* befestigt ist, wird der mit dem Pfahlschuh *c*

und oben mit dem eisernen Pfahlringe versehene Pfahl *K L* dergestalt auf diesen Stuhl *M* gelegt, dafs der obere Theil länger und schwerer, als der untere ist. Jetzt wird ein Tau *e* um den Pfahl dergestalt geschlungen, dafs es nachgelassen werden kann. Damit dasselbe sich nicht an den Pfahl hinaufschiebt, werden darüber 2 eiserne Klammern, in den Pfahl eingeschlagen. Um diesem sein oberes Ende über zu wuchten oder seitwärts zu ziehen, je nachdem es der Pfahlstand nothwendig macht, wird auch bey *f* ein durch eine Klammer gehendes, zwey Enden habendes Seil *f h* um den Pfahl geworfen; dessen Ueberwuchtung wird aber von Arbeitern bewirkt, die mit Richthacken *n* versehen sind. Zur Niederlassung dieses Pfahles in den für ihn bestimmten Stand, wird längs dem Joche *c* ein Gerüst eingerammt, in dessen Gurtungen *q* und *H* für jeden Jochpfahl (der Zeichnung oder des Modells gemäfs) Vertiefungen *i* eingeschnitten sind, welche Gurtungen die Pfahllehren bilden. *b*) So wie nun der Pfahl auf dem Stuhl *M* balancirt, wird derselbe, mittelst den Richthacken *n*, vorne übergeschoben, mit den zwey Säulen *h h* gelüftet, oder, wenn es nöthig ist, seitwärts bewegt. Die die Enden des Taues *e e* haltenden Arbeiter lassen dieselben über den Rücken des Stuhls *M* rutschen, je nachdem der Pfahl, vermöge seiner Schwere, sich senkt. Sobald derselbe so weit abwärts gleitet, dafs er beynahe die Pfahllehre erreicht, wird derselbe von einem bey *q* stehenden Arbeiter, der Pfahllehre *i* zugezogen. Ist nun der Pfahl der Wasserfläche nahe gekommen, so bemüht sich ein anderer bey *c* stehender Arbeiter denselben in ein geschürztes Seil zu fangen, und an die Lehre *i* selbst fest anzuziehen. Endlich wird der Pfahl, vermittelst den Richthacken *n n* noch mehr übergewuchtet, und über den Stuhl *M*, mittelst des Seiles *e* abwärts gelassen. Auf diese Weise ist stets ein 40 his 50 Fufs langer Jochpfahl, während 18 bis 20 Min., von 15 bis 16 Mann, gestellt worden. Hätte man mit Hülfe der an einer Ramm-Maschine angebrachten Trietzrolle dies bewirken wollen, so würde es weit kostbarer und beschwerlicher gewesen seyn, weil die Ramm-Maschinen öfters verrückt, erst höher, dann niedriger gestellt werden müssen; auch hätte man höhere, also schwerere haben müssen. *c*) Die nach einer schiefen Richtung am obern und untern Ende der Joche von Bogenbrücken einzurammenden zwey Pfähle, welche zuweilen vor der Kronschwelle hinaufgehen, wurden auf der Baustelle dergestalt schräg, an ihren obern Theil behauen, dafs sie sich genau, nach der Zeichnung oder dem Modell, an den nächsten Pfahl lehnen.

4) *Das Abstecken des Werksatzes und die Brückenrüstungen, so wie die Art der Ausführung der Bogenbrücken* ist für die Brückenbaukunde sehr wichtig. Ich will defswegen einige Vortheile mittheilen. *a*) Zur Erleichterung des Transports der Bauhölzer und ihrer Biegung ist das Land-Gerüst, d. i. der Werksatz, wo möglich, auf eine Ebene und in der Nähe der Baustelle zu errichten, oder der dazu gewählte Platz ist zu ebenen. In der Ausübung wird es jedoch Fälle geben, wobey eine Ersparung eintritt, wenn derselbe in der Nähe der Waldung und an einem flofsbaren Flusse errichtet wird.

Diese maafsregel ist z. B. bey dem Bau in der Nähe einer grofsen stadt oder in der Stadt selbst, sehr zweckmäfsig. Man hält nämlich die Arbeiter auf einem von der Hauptstadt entfernten Zimmerplatz zusammen; sie leben auf dem Lande wohlfeiler und werden nicht von Müssiggängern und Glossenmachern, durch Fragen gestört, und vom Fuhrwerke wird der Transport der Bauhölzer, nicht aufgehalten. Auf den so zubereiteten Werkplatz werden, nach dem Modell oder der Werkzeichnung, vermittelst Stangen oder Absteckpfählen 5. 6. 7. 8. Fig. 7. Tab. 115., die äufsern Umgebungen der Brücke abgesteckt. Um von diesen die Lage der Schlufs- oder mittlern Verbindungs-Schwelle, welches die höchste Schwelle ist, abvisiren zu können, mufs hinter diesen Absteckpfählen ein Laufgerüst gelegt werden. Dann wird mit andern Stangen 9. 10. 11. die Lage der Stützschwellen bezeichnet. An die äufsern vier Zielstangen, werden, in der Queere, mit rother Oelfarbe angestrichene Bretter angenagelt, die eine horizontale Lage erhalten. Von einem Brett zum andern, d. i. von 6 nach 8 wird die gerade Linie oder eine äufsere Seite der Brücke abvisirt und an Stangen bezeichnet, die man genau daselbst vertical aufstellt, wo die Mitte der Verbindungs-Schwellen *i i* Fig. 7. zu liegen kommt. Zur Absteckung dieser Puncte wird das Modell zu Rathe gezogen. *b*) Von diesen in einer Horizontalebene liegenden Puncten, wird, dem Modell gemäfs, folglich nach dem Bogen, die Mitte (*i i*) der untern Fläche der Verbindungsschwellen N N an eben diese Stangen eingeschnitten. Von allen Puncten ab, werden nach denen längs der entgegengesetzten Seite des Werksatzes, wie es oben angegeben ist, gesetzten Absteckpfählen mit einer Setzwage, deren Basis wenigstens 5 Schuh lang seyn mufs, Horizontallinien abgewogen, und da, wo sie die Absteckpfähle berühren, werden dann Einschnitte gemacht. Auf diese Weise sind also die von den Schwellen entstehenden Hauptkrümmungspuncte der Rippen in eine und dieselbe Horizontalebene gelegt. *b*) Jetzt wird die Land-Rüstung angefangen; dieselbe kann, wie bey der Augsburger, Oettinger, und bey den Wertach-Brücken (Tab. 111. 113. 114. und 117.) aus Stuhlgerüsten oder auch aus einem Pfahlgerüste, welches bey der Rott- und Bamberger-Brücke Tab. 105. Fig. 10. und Tab. 120. angewendet wurde, oder endlich aus einem Schwell- oder Stützgerüste Tab. 115. Fig. 7. bis 11., das bey der Vilshofer Brücke gebraucht ist, bestehen.

Die Stuhlgerüste müssen dergestalt eingerichtet werden, dafs die Werkleute darunter eine leichte Communication haben. Sie sind daher zur Ersparung des Holzes nur unter die Bogenrippen anzubringen, wie dies die Grundrisse Fig. 3. 7. und 14. Tab. 113. zeigen. Dabey legt man, zur Gewinnung der Höhe, die Stammenden der runden Lagerhölzer gegen die Mitte des Gerüstes. Damit dieses sich nicht aufhebe, während die Krümmung der Curven vorgenommen wird, schlägt man die Pfähle *p p* Fig. 1. ein; formirt auf diese Weise eine Pfahlzwinge; befestigt das Ende der Curven mit Klammern auf die Stützschwelle, und bringt Zugstützen *t t* an. Bey grofsen Bögen von 200 Fufs Oeffnung und darüber, müssen, bey Pfahlgerüsten, die

dazu fast unvermeidlich werden, unter jede Curvenlage, wo die Verbindungsschwellen liegen, ein Pfahl 4 bis 8 Fuſs tief in den Boden eingerammt werden, wie dies die Aufrisse Fig. 5. Tab. 105. deutlich zeigen; denn ein Stuhl- oder Schwellgerüst allein würde dem aus den Schwellen, den Rippen, den Bundhölzern und den übrigen Bautheilen bestehenden schweren Körper nicht Stabilität genug geben, welche um so nothwendiger ist, da auf dem Gerüste die Bauhölzer hin- und hergewälzt, die Curven vermittelst Hebeln und Zugwinden gebogen werden.

5) Weit zweckmäſsiger ist es aber, anstatt die Brückenbögen auf dem Lande über Gerüste, gleich auf *Fluſsrüstungen* abzubinden. Hierdurch werden bedeutende Summen und Zeit erspart, auch entsteht eine genauere Verbindung aller einzelnen Haupttheile der Bogenbrücke. Doch ich beziehe mich auf das bereits hierüber bey den Beschreibungen der Brücken Vorgetragene. Diese Fluſsrüstungen können nun aus den Jochen der alten Brücken T. 123. oder aus F. 12. besonders zu diesem Zweck auf 20 bis 30 Schuh Abstand, aus 4 bis 6 Pfählen bestehenden und mit Gurtungen versehenen Jochen bestehen. Wie solche Gerüstjoche gestellt und die Fluſsrüstungen eingerichtet sind, zeigen Fig. 1. und 2. Tab. 122. Fig. 2. und 3. Tab. 124. Fig. 2. Tab. 119. und Fig. 9. Tab. 114. Neben der Hauptfluſsrüstung *D* Fig. 2. Tab. 119. oder wie bey der Mühldorfer-Brücke T. 124. wird ein Laufgerüst zum Transport der Bauhölzer und zum Gehen etablirt. Es giebt Fälle, wo man dazu die alte baufällige Brücke, wenn sie in der Nähe der neuen steht, anwenden kann, wie bey der Rosenheimer-Brücke geschehen ist. Mit solchen Transportbrücken wird dann, während dem Bau, das zehnfache erspart, was sie kostet, und man sollte sie niemals anzulegen unterlassen. Wenn die über den Fluſs zu errichtende Gerüstbrücke (Fluſsrüstung) nicht breit genug zu diesem Behuf gemacht werden kann, so kömmt an einer Seite oder längs beyden Seiten auch ein niedrigeres Laufgerüst *A. B.* Fig. 2. Tab. 119. und Tab. 124. zu stehen.

6) An die Fluſsrüstung werden nun, wie es oben gezeigt ist, die Hauptlager und Krümmungspuncte der Bogenrippen abgesteckt, und die gleichnamigen Puncte der Bögen in eine horizontale und lothrechte Ebene gelegt. Da diese Rüstungen, wegen dem Einrammen der Joche von der Brücke oder der Grundpfähle von den Pfeilern, zuerst mit einer fast horizontalen Oberfläche angelegt werden, um über dieselben die Joch- oder Grundpfähle zu transportiren und die Ramm-Maschinen zu stellen, so werden die Gerüstjoche später hin, je nach der Krümmung der Bögen, abgeschnitten. Die Unterlager, welche unter die Verbindungsschwellen zu liegen kommen, bestehen deswegen bey dem Werksatze nur aus einem in die Queere liegenden Lagerholze und bey den über den Fluſs geschlagenen Gerüste aus drey Lagerhölzern, worunter gleichfalls sich nur ein quer liegendes Lagerholz befindet, Fig. 1. Tab. 113., weil man sonst die Schraubenlöcher nicht bequem bohren, und an die durch diese

schwellen und Curven durchgezogene Schraube, die Mutter, mittelst eines Schraubenschlüssels, nicht umdrehen könnte.

7) Die Schraubenlöcher werden fast immer, wenn die Bögen abgebunden sind, gebohrt. Zuerst mit einem kleinern Bohrer und dann mit einem einige Linien stärkern als die Schrauben. Durch diese Löcher wird mit einem in siedendes Oel getauchten Wischer gefahren, damit sich die Schrauben desto leichter dadurch schlagen lassen, und nicht rosten. Oeconomischer ist es jedoch, wenn man die Schlufsbalken erst auf das Flufsgerüste und nicht im Werksatze legt, so wie die Windruthen eintreibt und die Schraubenlöcher bohrt. Der Bohrer erhält solche Handhaben, die man längs der Bohrstange auf- und niederschieben kann, und zwischen dieser und der Stange werden kleine Keile eingetrieben, damit die Handhabe an der Bohrstange fest anliegt. Je tiefer das Bohrloch geht, desto höher wird die Handhabe hinauf geschoben. Dieses Hülfsmittel macht eine sonst zum Bohren nothwendige Rüstung entbehrlich. Zuweilen habe ich auch jede einzelne Curve bohren lassen, wozu ein kurzer Bohrer hinreicht, welches aber ein besonderes genaues Verfahren erheischt.

8) Die Aufbringung der Bauhölzer auf solche Werksätze und auf die Flufsrüstungen ist in der Ausübung für dem, der die mechanischen Vortheile nicht kennt, sehr beschwerlich. Ja wir sehen in den Oeuvres de Perronet, dafs man in Frankreich bey der Errichtung der Lehrgerüste Fig. 5. Tab. 118. und 125. viele Richtbäume *b*, Flaschenzüge *a* und Haltseile *d* angewendet hat. Die Stellung dieser Maschinerie ist besonders in solchen Gegenden, wo die Winde heftig wehen und die Regen anhaltend sind, mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Bald sind die Haltseile gefault und zerrissen, bald werden sie nafs, dann trocken, bald sind sie straf angezogen oder schlaf und nachgebend; bald werden die Richtbäume von dem Winde schief gedrückt. Es ist daher die auf Tab. 111. Fig. 1. und 2. dargestellte Vorrichtung besser. Sie besteht aus einem in den Boden gesetzten mit Keilen umschlagenen Aufzieh- oder Richtbaum, dessen oberer Theil sich in einem eisernen Bande dreht, und woran ein Flaschenzug angebracht ist. Damit kann also nach beyden Seiten und über die Rüstung hinaus, das zu hebende Baustück aufgezogen und nieder gelassen werden. Das Manövre ist in der Zeichnung deutlich dargestellt. Auf die Flufsrüstungen werden aber die Bauhölzer über Rollen Tab. 109. Fig. 7. oder mit Blockwagen Fig. 10. transportirt, weil die Höhe der Ufer oder Widerlager eine ebene Bahn gestatten.

9) *Die Auseinanderlegung des Werksatzes* anbetreffend, so mufs, ehe noch ein Stück aus demselben genommen wird, jedes mit Numern oder Zeichen angemerkt werden, die man zum Befsten mit rother Oelfarbe darauf angiebt oder mit Beilen einhauet; zum sichersten ist das erste, und es erleichtert die Zusammensetzung der einzelnen Theile auf die Flufsrüstung sehr. Jeder Irrthum bey der Wahl der Bautheile auf diese Rüstung wird aber vermieden, wenn diese Zahlen auch auf dem Modell angegeben sind. Die im Werksatze oben liegenden Stücke legt man an dessen Seite,

und transportirt die unten liegenden zuerst zur Flufsrüstung, wovon die Unterlagpuncte, wie es bereits gelehrt ist, genau, in Beziehung auf den Werksatz, bezeichnet seyn müssen.

10) Die Errichtung des unter die Widerlager kommenden Schwellrostes erfordert gleichfalls viel Aufmerksamkeit, und ich will daher einige mechanische Vortheile dabey anführen. Derselbe mufs nämlich unter der Oberfläche des Flusses versenkt werden, um ihn der Luft und Sonne zu entziehen. Da aber die Flüsse selten, bey der Bauzeit zuweilen gar nicht, ihren niedrigsten Stand erreichen: so mufs man ihn öfters einige Schuh tief unter Wasser tauchen, und auf die Rostpfähle befestigen. Dies zu bewerkstelligen, werden am Anfange des Widerlagers, wenn es ganz mit Wasser umgeben ist, sonst aber nur an der Wasserseite, Gerüstpfähle (auf 6 Fufs Abstand), eingerammt, worin eine Gurtung eingelassen wird. Jetzt führt man die Rostschwellen des auf dem Werkplatze genau abgebundenen Rostes (schwimmend) auf diejenige Stelle, wo sie zusammen gesetzt werden sollen, dessen Kreutze über die genau horizontal unter Wasser abgesägten Grundpfähle, treffen müssen. Dann werden, unter die tiefer liegenden Gurtungen des Gerüstes, Hebel gesteckt, womit der schwimmende Rost unter Wasser getaucht wird. Sobald derselbe die Pfahlköpfe berührt, nageln ihn die Zimmerleute mit eisernen Nägeln darauf fest 2. B. S. 635. Die Zwischenräume oder die Rostfelder werden jetzt mit Kieseln oder Steinen gefüllt, und mit ungelöschtem Kalk beschüttet, der sich im Wasser löscht, und so zwischen die Kiesel und Steine eindringt. Auf den Rost werden dann die Planken genagelt, und auf diesen führt man die Mauer auf. Vier Schuh unter Wasser kann man auf diese Weise den Rost gründen; selbst bey den gröfsten Widerlagern der Brücken habe ich die Rostschwellen und Planken, in 3 ½ Stunden tauchen, versenken, aufnageln, und binnen 18 Stunden die erste Lage von Bruchsteinen mit Cementmörtel aufmauern lassen. Der Leser, welcher von der Wichtigkeit der Fundationen überzeugt ist, wird es übersehen, dafs ich diese Methode hier noch beschrieben habe, wiewohl ich sie bereits an andern Stellen dieses Werkes erwähnte.

11) Sind die Bögen vollkommen gesetzt, so werden sie, wenn ihre Curven in Stützsäulen eingehn, noch dadurch stärker gespannt: dafs man hinter diesen 2 bis 3 Schuh lange eichene Keile eintreibt, und zwar immer zwey Keile gegeneinander. Dies geschieht zum befsten, wenn die zwey gegenüber horizontal (zwischen der Stützsäule und dem Joche) eingelegten Keile mit 48 bis 50 Pfund schweren Treibschlägeln eintreibt. Ein solcher aus Eichenholz bestehender Schlägel oder Treibklotz wird an einem bis zur Oberfläche der Brücke reichenden Stiel befestigt, und dieser ruht mit seinem dadurch gehenden Nagel, auf zwey Rinnen, die man in zwey gegenüber liegende Hölzer eingeschnitten hat, worüber der Stiel noch 3 bis 4 Schuh hinauf reicht. Auf der Oberfläche des Treibklotzes stehn, für zwey Arbeiter, zwey bis vier Handhaben hervor. Soll nun die Antreibung angehen, so ergreifen die Arbeiter die

Handhaben, und schwingen den Treibklotz gegen den Keil, so dafs immer zwey Treibklötze gegen die wechselseitig zusammen zu treibenden Keile gestofsen werden.

12) Ein wesentliches Hülfsmittel zur guten Ausführung dieser Bogenbrücken besteht in der Anfertigung der Modelle. Das Modell ist nach einem solchen, die Darstellung aller einzelnen Theile zulassenden Maafsstabe, dergestalt zu verfertigen, dafs es eine getreue Abbildung der Brücke ist, weil nach demselben derjenige Ingenieur oder Werkmeister, dem die Ausführung übertragen wird, sich genau richten, und die Lage der einzelnen Baustücke auf den Werkplatz oder auf der Flufsrüstung abstecken kann. Ich habe daher zu den Brückenmodellen der in diesem Werke beschriebenen Brücken einen Längen-Maafsstab gewählt, welcher den 75sten bis 36sten Theil der wahren Gröfse ausmacht. Sie verhindern bey der Ausführung alle Irrthümer; auch wird dadurch für denjenigen Ingenieur, der die Entwürfe zu den Brücken macht, eine wesentliche Arbeit erspart. Er darf nur die Haupttheile der Construction zeichnen und cotiren: denn er kann stündlich den Modellisten, der in seiner Nähe arbeiten mufs, nachsehen, und ihm die Nebentheile der Construction angeben. Das Modell selbst aber werde dann zur Baustelle hingesandt. Es wird aus Brettern, geschnittenen Lehrbögen oder Chablonen gemacht, worin zuerst die Verbindungsschwellen in die dafür gemachten Einschnitte, eingelegt werden. Nach ihm wird die reine Zeichnung verfertigt, und in dieser wird, vor ihrer Vollendung, der Pfahlstand von den Grund- und Jochpfählen, nach denen bey dem Einrammen der Pfähle angestellten Beobachtungen, so wie die etwa noch bey der Ausführung selbst gemachten Abänderungen, die von der Natur des Bodens und der Stärke des Holzes entstehn, eingetragen. Auf diese Weise war es möglich, dafs die Kupfer dieses Werkes eine *getreue Darstellung der von mir erbauten Brücken liefern,* welches ohne Zweifel für die Wissenschaft von grofsem Nutzen ist, und nur selten in ähnlichen Fällen angetroffen wird.

Zur Ausführung einer Construction, wobey viele Bautheile sich kreutzen und übereinander liegen, sind auch Modelle unentbehrlich, wenn man bey der Ausführung nicht Schwierigkeiten finden, und den Ingenieurs oder Werkmeistern ihre vielfachen Anfragen zu erläutern genöthigt seyn soll. Der Bauführende hat das Modell vor sich, kann daher über die Auswahl der Baustücke aus dem auf dem Werkplatze liegenden oder im Walde stehenden Holze, und über die Abtheilung der Arbeiten, so wie über die Aufbringung auf die Rüstung, über das Uebereinanderlegen und Zusammenschiften der verschiedenen Baustücke, nachdenken. Ja die geschickten Gesellen arbeiten mit weit mehr Fleifs und Ueberlegung, wenn sie von dem Bauwerke einen deutlichen und klaren Begriff haben, zu dem sie durch das öftere Anschauen des Modells gelangen; welches auch das Publicum, die Local-Magistratur und die Communen für den Bau lebhaft interessirt, sie unterstützen daher den Bau eher, indem sie sich aus dem Modell, von der Stärke, Schönheit und Nützlichkeit des Werkes überzeugen! Ich rathe defswegen

einen jeden Ingenieur, der grofse steinerne und Bogenbrücken bauen will: zuvörderst ein Modell verfertigen zu lassen, und dasselbe auf den Bauplatz aufzustellen. Da ich aus Erfahrung den grofsen Werth der Modelle, in Hinsicht der bauwissenschaftlichen Bildung der Ingenieure, der Ausführung und der Oeconomie kenne, so habe ich seit mehrern Jahren, eine Modellsammlung von Brücken, Wehren, Schleusen, Lehrgerüsten, Utensilien und Maschinen aller Art angelegt, die mir bedeutende Summen kostet; vielleicht einzig in ihrer Art ist, und in der gröfsten öffentlichen Modellsammlung einen ehrenvollen und Nutzen bringenden Platz einnehmen könnte. Darin befinden sich auch nach den oben angeführten Maafsstabe, Exemplare derer in diesem Werke beschriebenen hölzernen Bogen-Brücken.

13) Man hat diesen Bogenbrücken den Vorwurf gemacht, dafs man sie in Kriegen ganz abbrennen müfste, um dem Feinde den Uebergang über Flüsse zu erschweren. Wie ungegründet derselbe aber sey, wird jeder Kenner leicht einsehen. Es kömmt bey der Hemmung der Communication über einen Flufs nur darauf an: diese über *einen* Bogen *) solcher Brücke, auf so lange zu unterbrechen, als sie bey den Joch- oder steinernen Brücken unterbrochen werden kann, d. i. bey den gröfsten Flüssen höchstens auf einige Tage, wenn die Armee gute Pontons oder grofse Tonnen mitführt, welche letztere mehrere Generäle mit Vortheil gebraucht haben, oder wenn man die Brücken, wie bisher geschehen ist, abbrennt. Hat ein Bogen solcher Brücke drey Rippen, so braucht man nur die Schrauben, welche die einzelnen Curven zusammen halten, nachzulassen, die obern Verbindungsschwellen, auf denen die Strassenträger ruhen, abzuschneiden, nachdem man zuvor den Brückenweg weggenommen hat. Dieses Verfahren verhindert wenigstens auf 48 Stunden die Errichtung des Brückenweges, folglich auch den Marsch der Truppen und den Transport des Geschützes. Gesetzt das eine Ufer würde gänzlich verlassen, so können nur einzelne Feinde (nach Abschneidung der Verbindungsschwellen) auf eine gefährliche Weise über die Bogen-Rippen herauf und herunter rutschen, so dafs Mancher das Durchschwimmen durch den Flufs diesem Manöver vorziehen wird. Bleibt das Ufer besetzt, so ist auch dies leicht zu verhhindern, und der Feind mufs das Ufer förmlich mit Kanonen beschiefsen. Nur nach zwey bis drey Tagen wird es 50 Zimmerleuten gelingen, die Brücke fahrbar zu machen, und diese Fahrbahrmachung wurde bisher bey den abgebrannten Jochbrücken früher erreicht, folglich hat man nichts bey dieser Anstalt, wodurch die Haupt-verbindung einer Bogenbrücke erhalten wird, verloren. Ist ein Bogen oder eine Oeffnung der Brücke aus drey Rippen zusammen gesetzt, so mag man, in den zwo Seiten-Rippen, die Schrauben lösen, indem die mittlere Rippe den übrigen Bögen einen hinreichenden Widerstand entgegen stellt, so dafs dieselben ihre Form nicht

*) Die einzelnen Bögen dieser Brücken sind nämlich so weit, dafs es unmöglich ist, über ihre Oeffnung einzelne Balken zu legen, um den Fahrtweg zu eröffnen.

verlieren können. Wenn daher, in diesem Fall, die Wegnahme der zwey Seitenrippen verlangt wird, so kann dies ohne Nachtheil der übrigen Bögen geschehen. Hat die Brücke nur zwey Seitenrippen, so ist entweder die Einrichtung dabey bereits getroffen, daſs man einen Theil des Bogens ins Wasser stürzen lassen kann, oder es werden gleichfalls die Trag- und Verbindungsschwellen abgesägt, so daſs die Passage eben so lange gestört ist, als bey den sonst abgebrannten Jochbrücken. Zur Sicherheit der übrigen Bögen wird auf eine Entfernung von 10 bis 18′, von dem Joch oder Pfeiler dieses Bogens (zu beyden Seiten) ein aus vier Pfählen bestehendes Nothjoch eingerammt, welches in wenigen Stunden bewerkstelligt werden kann. Zwischen der Kronschwelle dieses Joches und dem Bogen werden Keile eingetrieben. Diese Vorrichtung ist jedoch nur alsdann nothwendig, wenn der eine Theil des Bogens gänzlich hat weggenommen werden müssen, oder wenn man in dem nur aus zwey Rippen bestehenden Bogen diejenigen Schrauben, welche die Curven zusammen halten, gelöst und zum Theil ausgezogen hatte. Diese Nothjoche dienen nämlich zur Erhaltung der Form von den übrigen Bögen. Da auf diese Weise jede Bogenbrücke eben so schnell wie eine gewöhnliche Jochbrücke zur Passage unbrauchbar gemacht wird; *so ist kein Grund vorhanden, warum man sie im Kriege verbrennen sollte.* Die hohe Stellung der steinernen und hölzernen Bogenbrücken ist aber auf keine Weise militärisch nachtheilig, denn eines Theils kömmt es auf einige Schuhe nicht an, wenn die Brücke vom feindlichen Geschütz bestrichen wird, und andern Theils ist es immer rathsam, vor den wichtigsten Brücken gute Verschanzungen anzulegen, und eine aus 1, 2 oder 3 übereinander kreuzweise zu legende Floſsbaumlagen bestehende Floſsbrücke, neben der stehenden Brücke, wie dies im Jahre 1809 bey der über den Lech zu Augsburg stehenden Bogenbrücke geschehen ist, machen zu lassen.

Ist von dem commandirenden General die gänzliche Abtragung *eines Bogens* für durchaus nothwendig erklärt worden, so muſs dieses allerdings geschehen, denn im Kriege läſst sich auf die Länge gegen den Willen nicht demonstriren. Alsdann wird die Wiederherstellung der Passage (wenn über den Fluſs zurück gegangen werden soll) in wenig Stunden bewerkstelligt werden können, wenn man solche *Jochschiffe* oder *Jochzillen*, wie zur Aufnahme der Ramm-Maschinen, beym Einrammen der Joche zu den in Baiern von mir erbauten Bogenbrücken gebraucht worden sind, anwendet. Auf ein groſses Fluſsschiff wird nämlich mittelst der in dessen Mitte (der Länge nach) auf den Boden gelegten Schwellen eingelassenen, vertical stehenden Hölzer ein Brückenjoch errichtet. Diese Verticalstützen, welche die Pfähle eines Joches ersetzen, sind in diese Schwelle eingelassen, gehen oben durch eine darüber zu legende Schwelle, die man die *Kronschwelle* nennt, worauf die Strassenträger der Brücke ruhen. Längs den verticalen Hölzern gehen zwey daran befestigte Gurtungen, die man mit Schrägstützen, nach der Seite, in ihre Lage hält, um das Joch selbst vertical zu halten. Man sehe übrigens auf T. 129. die F. 39. 40. 41., welche solches Jochschiff darstellen.

Ein solches Jochschiff oder je nach der Gröfse der Oeffnung mehrere dergleichen Jochschiffe werden in den Strom gelegt, mit Ankern befestigt, und darüber hin die Strassenträger oder Brückenruthen vertheilt, auf denen die Deckplanken zu liegen kommen. Es versteht sich, dafs man die Höhe des so construirten Joches nach dem Abstande der Wasserfläche vom Brückenwege einrichten mufs. Steigt der Strom, so wird auch der Brückenweg etwas steigen, und man könnte, um die hieraus entstehende Unbequemlichkeit zu verhindern, die untere Tragschwelle auf zwey in der Mitte des Schiffes anzubringende Schraubensätze legen, folglich das Joch höher und niedriger machen *). Diese Jochschiffe sind auch zur Eröffnung der Passage bey zerstörten Pfahl- oder Jochbrücken und bey gesprengten steinernen Brücken nicht genug zu empfehlen, weil sie vor der langsamen mehrere Tage dauernden Einrammung neuer Joche (in gewissen Fällen) den Vorzug verdienen. Wenn einsichtsvolle Officiere, die zugleich Feinde unnützer Verheerungen sind, dieses lesen, und sich einiger maafsen mit der Construction der Bogenbrücken bekannt gemacht haben: so ist nicht daran zu zweifeln, dafs sie in jedem Lande gerne zu ihrer Erhaltung beytragen. Diese Construction ist ja auch für Militär-Einrichtungen, z. B. beym Bedecken der Casematten, Blockhäusern und den Dächern der Casernen, vorzüglich aber bey Festungen, nicht unwichtig! Eine unnütze Zerstörung dieser Brücken bringt überdiefs den Bürger auf und verursacht unnütze und bedeutende Kosten. Soll indessen ein Brücken-Bogen, auf einige Tage, unbrauchbar gemacht werden; so kann diefs, *ohne Brand*, in wenig Stunden geschehen, wenn man nur 48 Stunden zuvor die Voranstalten trifft. Mehrere Bögen zu zerstören, würde nur einen Muthwillen verrathen, der nie Ehre bringt, nie gebilligt werden kann, und dessen sich gewifs kein Officier wird zu Schulden kommen lassen. Eine Oeffnung solcher Bogenbrücken ist, wie gesagt, weiter als schon bedeutende Joch-Brücken grofs sind, und kann mit den längsten Bäumen nicht überlegt werden.

§. 157. Ich glaube nun noch folgende Bemerkungen machen zu dürfen. 1) Ist diese meine Bauconstruction, bey den Lehrgerüsten der steinernen Brücken, mit grofsen Vortheil anzuwenden! Der Kenner wird daher ihre Vorzüge vor den übrigen Constructionen, sowohl in öconomischer als nautischer und militärischer Hinsicht würdigen; ja! ich hege die Hoffnung, dafs Männer, welche Sinn für das Nützliche, Schöne und Grofse, daneben Einflufs auf öffentliche Anlagen haben, den Bau solcher Bogenbrücken befördern werden.

2) Ist sie zu den gröfsten Brückenbögen geeignet, und ich will dies durch folgenden Entwurf zu bestätigen suchen. Ich getraue mir nämlich auf eine Weite von sechshundert Schuh, einen einzigen Bogen zu erbauen. Diesen in den Figuren 15. bis 19.

54 *

*) Wenn das Schiff viel mehr als die über die Brücke gehende Last tragen kann, so läfst sich beym wachsenden Strome dessen tieferes Eintauchen auch durch einzuladende Steine bewerkstelligen.

T. 120. dargestellten, würde ich eine Höhe $a\,b$ von 50 Schuh, 2 Seiten-Rippen $c\,d$, die aus doppelten Curvenlagen bestehen, ferner 2 Diagonal-Rippen $e\,f$, $g\,h$, die gleichfalls zwey Curvenlagen neben einander erhalten, so wie drey Mittel-Rippen i, k, l, wovon die letztere zwey Curvenlagen bekömmt, geben. Zur Verhinderung der Seitenausbiegung würde ich an beyden Seiten des Bogens drey Spannwände $A\,B$, nämlich auf den Seiten, d. i. über die Rippen c und d zwey, in der Mitte, d. i. über den Brücken-Rückgrad l eine Spannwand errichten; diese Spannwände sowohl als die sämmtlichen Rippen 17 Fuſs in die Widerlager einschlieſsen, gänzlich einmauern, und diese Spannwände, mittelst den Schwellen m und Bundhölzer n, verbinden; diese aber in die Stützsäulen $o\,o$ legen lassen. Die Schrauben $p\,q$, von einem bis $1\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser, müſsten die Rippen, die Schrauben r die Stützsäulen zusammen halten, und die Schrauben $s\,s$ die verschiedenen Curvenlagen zu einem ganzen Körper verbinden. Die Verbindungsschwellen $p\,b$ würde ich nur auf einen Abstand von 12 Schuh legen, um die Stabilität der Brücke zu verstärken.

Die Ausführung eines Bogens von 600 Schuh Weite und 50 Schuh Höhe lieſse sich über einen gewöhnlichen Fluſs mittelst eines Pfahlgerüstes, worüber ein Schwell- oder Stuhlgerüste zu legen wäre, bewirken, weil die längsten Pfähle zu kurz sind, um mit *einem* Gerüste auszukommen. Aber schwierig wird dieselbe, wenn man sich einen tiefen Felsenschlund oder 200 Fuſs hohe Ufer denkt, welche mit der Brücke verbunden werden sollen. Ich würde dazu erstlich eine aus einem Sprengwerke bestehende Rüstung, ähnlich derjenigen, die in Fig. 33. meiner Strassenbaukunde 1808 dargestellt ist, errichten, darüber vier Bogen-Rippen, wovon jeder zwey Curven zu geben wären, spannen, und nun über diesen, zur Sicherheit der Arbeiter, mit zwey Zoll dicken Brettern genau zu belegenden Bogen, die Schwell- oder Stuhlrüstung etabliren.

VIERTES KAPITEL.

Von der construction und dem Bau der Eisernen Brücken. Tab. 126.

§. 158.

Die Anwendung des Eisens zu den Bauwerken und vorzüglich zu Brücken ist in manchen Ländern für die allgemeine Wohlfahrt von der äuſsersten Wichtigkeit: weil eiserne Brücken ungewöhnlich groſse Bogenöffnungen zulassen, mithin der Schifffahrt die gröſste Bequemlichkeit darbieten, und keine Eisdämme verursachen, also nicht, wie diejenigen steinernen Brücken, welche kleine Bogenöffnungen und dicke Pfeiler haben, oder wie die Pfahl- und Jochbrücken, Ueberschwemmungen bewirken. Wenn daher der Ingenieur das Problem löſst, wornach diejenigen Brücken, an denen die wesentlichsten Bestandtheile von Eisen sind, nicht einmal das Dreyfache von hölzernen Bogenbrücken, und kaum $\frac{1}{10}$ soviel als steinerne kosten, dennoch eine vollkommene Stabilität darbieten, um die schwersten Lasten zu tragen, seitwärts nicht ausgebogen werden können, und fast von so langer Dauer als die steinernen Brücken sind: so dürfte wohl jede für groſse und nützliche Unternehmungen empfängliche Regierung nicht abgeneigt seyn, solche diesen Bedingungen entsprechende eiserne Brücken erbauen zu lassen, oder wenigstens *eine* Brücke der Art zu errichten. Vorzüglich werden sie für Länder, worin das Eisen im Ueberfluſs vorhanden ist, und die bedeutende Flüsse haben, sehr schätzbar, da sie überdies einen sehr wichtigen Handelsartikel abgeben. So hat England mehrere eiserne Brücken nach Amerika verkauft, wiewohl es das zu diesen Brücken geschmiedete Eisen aus Ruſsland oder Schweden bezieht; warum sollten also diese Länder nicht auch eiserne Brücken gieſsen lassen, und sie nach Frankreich, Deutschland, Italien so wie nach Spanien verfahren? Ich habe daher über die Construction eiserner Brücken nachgedacht, und lieſs anfangs 1811 ein Modell, nach einer neuen von mir angegebenen Construction, welche den obigen Bedingungen entspricht, verfertigen, von welcher ich eine nähere Auskunft geben will, nachdem ich die merkwürdigsten, bis jetzt ausgeführten eisernen Brücken, so weit die von mir gesammelten Nachrichten und Zeichnungen hinreichen, beschrieben haben werde. Diese Beschreibungen habe ich gröſstentheils nach Zeichnungen und schriftlichen Nachrichten entworfen.

Wiewohl ich den Nutzen, welchen gut construirte eiserne Brücken darbieten, anerkenne: so bin ich keineswegs der Meynung Einiger: dafs sie ewig dauern, und dafs sie ihrer Dauer wegen unendlich über die hölzernen Bogenbrücken zu setzen seyen! Wer mit der Geschichte der Wasserbaukunst bekannt ist, der weis es: dafs steinerne Brücken sowohl als eiserne eingestürtzt sind; Beyspiele hierüber habe ich bereits angeführt.

Beschreibung der merkwürdigsten eisernen Brücken in Europa. Tab. 126.

§. 159. Die erste grofse eiserne Brücke wurde, meines Wissens, in England bey *Coalbroock-Dale* über die *Severn*, im Jahre 1779, erbaut. Siehe Fig. 15. 36. 37. etc. Die Weite ihres Bogens beträgt 94 Fufs, 8 Zoll, 8 Linien (30 mètres, 77 centimètres) *); der Radius ist 48′ 3″ 11‴ (15^m 70^c). Die Mitte ihres Bogens steht 38′ 10″ 7‴ (12^m 63^c) über den höchsten Wasserstand der Severn, welcher den Anfang des Bogens bespühlt. Dieser ist auf eine eiserne 4 Zoll (11^c) dicke Platte Fig. 36., deren Länge 25′ 10″ 3‴ (8^m 40^c) und deren Breite 11′ 2″ (3^m 60^c) beträgt, aufgesetzt, und die aus fünf, mittelst schwalbenschwanzartiger Verbindungen zusammengesetzten Stücken *k* besteht. Der Bogen dieser Brücke hat fünf Hauptrippen *a* (Fig. 13. u. 37.); wovon jede Hälfte einer Rippe, welche 115 Centner wiegt, in einen eisernen Schlufsklotz (in der Mitte des Bogens) eingelassen, und mittelst Schrauben, die durch diesen Schlufsklotz gehen, daran befestiget ist. Die Schlufsklötze aller Rippen sind wahrscheinlich in einem Stück, in Form eines Schlufssteines, und zwischen den Rippen in Form eines Prisma gegossen, der Fufspunct *a* einer jeden Hauptrippe ist zwischen der eisernen Säule *d* Fig. 36. und 37., von deren zwey Abtheilungen derselbe umschlossen wird, eingespannt. Diese Rippen ruhen auf der eisernen Platte (Grundplatte) Fig. 36., in welcher sie einige Zoll hineingehen. Zum Widerlager dieser 7 Zoll hohen und 5 Zoll breiten Hauptrippen dient auch eine an das steinerne Widerlager anliegende eiserne Säule, worin eine eiserne Stange *e* Fig. 15. (Gurtung) eingelassen ist, die zugleich durch die vordere Säule *d* Fig. 37. geht, und an der Hauptrippe anliegt. Beyde Reihen der kleinen Rippen *b* und *c* gehen durch die vordere Säule *d* des Stützgebindes, wie dies Fig. 15. und 37. zeigen. Ohne Zweifel sind diese Rippen an die den Fahrweg tragenden Balken (Strafsenträger *n* Fig. 37.) mittelts eines an jeder Rippe gegossenen Lappens, mit Schrauben, welche durch den Lappen und die Balken gehen werden, befestigt. Die fünf Rippen *b* sind, so wie die obern fünfe *c* in die eiserne Grundplatte Fig. 36. eingelassen; die letztern jedoch in der hintern Säule *n* eingeschlossen, durch welche und die Rippe, wahrscheinlich, eine Schraube durchgezogen seyn wird. Die kürzern Rippen *c* gehen auch durch die Queerstangen

*) 11 Zoll 6 Linien Pariser, oder 312 millimètres machen einen englischen Schuh. Ich werde mich in diesem Kapitel des französischen Maafses, ausser bey der von mir angegebenen Construction, wo ich das baierische Maafs annehme, bedienen.

e und *f* Fig. 15. hindurch. Damit der Bogen eine vollkommene Stabilität und Tragkraft erhält, so sind die drey Rippen *a*, *b*, *c*, eines jeden der fünf Abtheilungen des Bogens, vermittelst vier verzierter Separationsträger, miteinander verbunden *). Ueber die obere Rippe *c* ist ein eiserner Ring *i*, welcher mittelst eines Blattes in die vordere Stützsäule *d* eingelassen ist, angebracht. Auf diese Weise vermehrt die aus den oben 11'' 4''' starken eisernen Stützsäulen *n* und *d*, den eisernen Gurtungen *e* und *f*, so wie aus einem Queerriegel *i* und zwey Streben *g h* Fig. 37. bestehende Stützverbindung (Stützgebind) die Steifigkeit des Bogens, und bildet zugleich dessen Stützpunkte. Auf den zehn Säulen dieses Stützgebindes und auf die drey Rippen dieses Bogens ruhen die hölzernen Strafsenträger *n* Fig. 37.; auf diesen liegen aber zusammengefügte drey Zoll starke eiserne Platten *o* als Decke. Diese Bedeckung ist mit einer Vermischung von Lehm und Eisenschlacken überlegt, welcher Ueberschlag den 23' 1'' (7^m 50^c) breiten Fahrweg, zwischen den eisernen Geländern, ausmacht. Das Gewicht des Eisens, welches in offenem Sande zu Cooalbrock-Dale gegossen ist, beträgt 378 Tonnen, 10 Centner oder 370556 Kylogramme, etwa 7161 Centner baierisch Gewicht. Zu Cooalbrock-Dale mufste der Gufs dieser Brücke keine grofse Schwierigkeit haben, weil man auf den dortigen Hüttenwerken täglich 1000 Centner schmelzen kann. Das Eisen, welches 180000 Franks gekostet, hat sich ganz vortrefflich gehalten. Nicht so sorgfältig sind die steinernen Widerlager gemauert: denn das linkseitige hat grofse Oeffnungen, welches le Sage in seinem Recueil de divers mémoires anmerkt. Da dieser Ingenieur Cooalbrock-Dale selbst besucht hat, so kann man dieser Nachricht vollkommen Glauben beymessen, denn er war ein sehr würdiger Mann. So dauerhaft und schön die bey Cooalbrock-Dale erbaute Brücke ist, hat es doch mit einer andern, nach eben diesem Systeme über den Flufs *Team* bey *Stamford* in Worchestershire errichteten Brücke, nicht glücken wollen, wiewohl die Weite des Bogens nur 90 englische Schuh betrug. Sie brach, gleich nach der Ausrüstung, in der Mitte, ohne dafs noch ein Fuhrwerk darüber gefahren war, und so stürzte ihr Bogen in einem Augenblicke ein, während die Widerlager einen festen Stand behielten. Vielleicht waren die Schlufsklötze, worin die Hauptrippen eingeschlossen sind, nicht unter sich, vermittelst einer eisernen Stange, in Verbindung gebracht; vielleicht gingen die zwey Theile einer Hauptrippe nicht weit genug in ihren Schlufsklotz hinein, so dafs nach der Ausrüstung die unter sich nicht verbundenen Schlufsklötze zu stark auf die Rippen drückten; vielleicht war auch das Eisen von einer schlechten Art!

§. 160. Die zweyte merkwürdige eiserne Brücke in England ist zwischen 1793 und 1796 über den Flufs *Wear* bey *Wearmouth*, nahe bey *Sunderland* (in der Graf-

*) Ich nenne diese Stützen defswegen Separationsträger, weil sie die Tragpuncte vermehren, d. i. die Vertheilung der auf die Rippen drückenden Last bewirken, und zugleich die Rippen eines jeden Bogens separiren, oder ihre Annäherung zueinander verhindern.

schaft *Northumberland*) nach der Angabe von *Bourton*, durch den Ingenieur *Wilson*, erbaut. Den Gufs davon besorgten *Walker* und *Rotterham*. Sie ist in F. 19. T. 126. dargestellt. In zwey Rücksichten wird sie dem Ingenieur äusserst merkwürdig: 1) weil sie den gröfsten Bogen von allen bis jetzt ausgeführten Brücken aufweifst und 2) weil sie nach einem ganz neuen Systeme erbaut wurde. Die Weite des Bogens dieser Brücke von Sunderland mifst nämlich 221 Fufs 4″ 5‴ (71^m 91^c). Die Bogenhöhe beträgt 16′ 11″ (5^m 50^c). Der Anfang des Bogens reicht da, wo er aus dem Widerlager heraustritt 52′ 4″ über den niedrigsten Wasserstand des Wearflusses. Er besteht aus einzelnen *Gewölbstücken*, Fig. 44. und 46., welche die Engländer Voussoirs-Blocks nennen. Ein solches Gewölbstück besteht nämlich aus zwey aufrecht stehenden Radialtheilen *y* und *y* (sie gehen nach dem Mittelpuncte des Bogens) welche 2 ½ Zoll breit und 4 Zoll dick sind. Dieselben sind mit 3 Bogentheilen *v w x* verbunden. Jedes Gewölbstück ist dergestalt gegossen, dafs sich in dessen Bogentheil ¾ Zoll grofse Vertiefungen, durch welche zwey Schraubenlöcher gehen, befinden. Ein solches Gewölbstück ist 4′ 7″ 5‴ hoch und unten 2′ 1″ 10‴ lang. Es beträgt — weil der grofse Radius, womit der obere Rand des Bogentheiles dieses Gewölbstückes construirt wurde, dem kleinen Radius gleich ist, und der Höhe des Gewölbstückes, d. i. 370′ 3″ 2‴ + 4′ 7″ 5‴ = 374′ 10″ 7‴ — die Länge des obern Bogentheiles eines solchen Gewölbstückes 2′ 2″ 2‴. Wenn nämlich *b* die Bogenhöhe und *a* die Bogenöffnung ist; so wird der Radius $r = \frac{a^2}{8b} + \frac{b}{2}$. Es verhält sich daher der kleine Radius *r* oder 370′ 3″ 2‴ : 374′ 10″ 7‴ (dem gröfsern Radius) = 2′ 1″ 10‴ : *x*, das ist die untere Länge des Gewölbstüches, welche also = 2′ 2″ 2‴ beträgt. Damit nun diese Gewölbstücke untereinander in die genaueste Verbindung gebracht werden; so laufen einen Zoll starke und drey Zoll hohe Schienen *z*, *z*, *z*, F. 44. u. 46., in die vorher angezeigten zwey Vertiefungen eines jeden der drey Bogentheile *v*, *w*, *x*, Fig. 44. und stofsen wechselweise in der Mitte der aneinander gesetzten Gewölbstücke zusammen. Diese drey Paar Schienen oder Zugbänder sind, vermittelst sechs Schrauben, an die Bogentheile des Gewölbstückes angezogen. Jedes dieser Gewölbstücke (Voussoir-Bloks) wiegt etwa 400 Pfund. Nach dem Queerschnitt der Brücke Fig. 43. sind sechs Bögen solcher Gewölbstücke oder sechs Rippen angebracht. Zu ihrer Queerverbindung unter einander hat *Bourton*, auf je zwey Gewölbstücke, nach der Länge, zwey eiserne Röhren *A B* und *B A* Fig. 46. gebraucht, welche am Ende zwey Blätter haben, Fig. 45., und mittelst dieser und zweyer Schrauben aneinander befestigt sind *). Der volle Umfang dieser Röhren ist etwa einen

*) Die Röhrenstücke, welche die Verbindung der zwey Rippen bilden, gehen durch die zweyte Rippe, d. i. durch die zweyte Reihe der Gewölbstücke. Da ein solches Rohr an seinem Ende ein Blatt nach Art der gewöhnlichen Brunnenröhren hat, wodurch zwey Löcher gehen, so wird es mit dem nächsten *Verbindungsrohr*, welches an seinem Ende gleichfalls Blätter oder Anstofs-

halben Zoll stark. Ueber jede der sechs Rippen sind die in Fig. 19. dargestellten Ringe angebracht, um die Tragpuncte und Stabilität dieser Brücke zu vermehren. Zu diesem Ende hat man auch ein Gebind von eisernen Stangen *h, i, g, f* errichtet, welches zugleich zum Stützpuncte und zur Verhinderung der Seitenausbiegung dient. Auf den Ringen und Rippen liegen sechs hölzerne Strafsenträger *p* Fig. 43.; ferner die Bohlen des Fahrbettes *q* und an jeder Seite des Bogens zwey Balken *r* und *s*, welche, mit noch zwey andern, das Trottoir tragen. Die Balken sollen ohne Zweifel die Stabilität und Tragkraft der Brücke vermehren, da sie nach einem starken Anhang gelegt sind; man sehe Fig. 19., worin sie mit *r* und *s* angedeutet sind. Wahrscheinlich hat man sie nach der Länge zusammengeschiftet und mit Schrauben zusammengezogen! Auf die Bohlen *q* Fig. 43. liegt, so weit der Fahrweg geht, ein Gemische von Eisenschlacken und Lehm. Alles Eisen dieser Brücke ist mit einem aus Steinkohlentheer und zerstofsenen Holzkohlen bestehenden und erwärmten Firnifs überstrichen. Um die Seitenausbiegung zu verhindern, hätte sich der Bogen an eine eiserne Platte *c a* Fig. 19. anlehnen, und die sechs Bogenrippen hätten, vermittelst zwey Röhren *d* und *e* oder eisernen Stangen, unter einander in Verbindung gebracht seyn sollen; diese Vorrichtung hat, wie ich von dem russischen General-Inspector von *carbonnier* erfahren habe, gefehlt, und die Brücke ist in der Mitte einige Schuh von der Vertical-Ebene ausgewichen; es sind die Blätter und Schrauben, womit die Verbindungsröhren befestigt waren, gesprengt, und man hat eine eigene Commission ernannt, um diese Brücke wieder herzustellen. Ob diese ihren Auftrag glücklich vollzogen hat, ist mir nicht bekannt. Dieses Beyspiel zeigt jedoch, dafs so grofse eiserne Bögen durchaus in die Widerlager hineingehen müssen; auch beweifst es, dafs eine Construction, nach welcher die einzelnen Theile der Bogenrippen, so aneinander stofsen, wie Wasserleitungs-Röhren, in der Ausübung verwerflich sind.

An dieser Brücke wird man ohne Zweifel das viele Balkenwerk, welches man später anzubringen genöthiget war *), so wie die starke Steigung des Fahrweges, und das hohe Geländer tadeln, welches diesem das Genie des Erfinders aussprechenden Kunstwerke ein schwerfälliges Ansehen gegeben hat. Der Grundstein zu den Widerlagern wurde am 24. September 1793 gelegt, und am 9. August 1796 ward die Passage eröffnet. Dieser Feyerlichkeit wohnte eine Volksmenge von fünfzigtausend Menschen bey.

scheiben hat, mit zwey Schrauben zusammengezogen. Ich nenne es defswegen Verbindungsrohr, weil es die Hauptthelle der Brücke, das sind die Rippen, untereinander in Verbindung bringt. Die Schwellen, welche bey den hölzernen Bogenbrücken dieses bezwecken, habe ich Verbindungs-Schwellen genannt.

*) Hätte man in England von meiner Construction der hölzernen Bögen gegenwärtig Kenntnifs, so würde man ohne Zweifel, künftig wie ich gethan und weiter unten zeigen werde, hölzerne Bögen mit den eisernen in Verbindung gesetzt haben, welche diese Balkenlagen entbehrlich machen, und allen Absichten entsprechen.

Wird in Erwähnung gezogen: daſs zu dem Bogen dieser Brücke 600 Gewölbstücke gebraucht worden sind, so beträgt das Gewicht von denselben (ein Gewölbstück zu 4 Centner gerechnet) 240,000 Pfund, folglich 120 Tonnen an Gewicht. Das geschmiedete Eisen soll sich zum Guſseisen wie 3 : 25 verhalten. Herr *Bourton*, welcher neunzigtausend Gulden zum Bau dieser Brücke herschoſs, erhielt ein Patent auf die Construction dieser Art von Brücken, und die Gewölbstücke wurden daher Patents - Blocks genannt. Mit denselben wird also der Bogen, nach Art der Gewölbsteine zusammengesetzt. Alles Eisen an dieser Brücke soll 250 Tonnen (à 2000 Pf.) oder 5000 Centner wiegen.

§. 161. Die dritte groſse Brücke ist in einem Bogen über die Themse bey *Stains* in Middlesex von dem Ingenieur *Wilson*, vermuthlich der nämliche, welcher die Brücke von Sunderland hat ausführen helfen, im Jahre 1803 erbauet worden. Siehe Fig. 18. Die Weite ihres Bogens beträgt 168 Fuſs 9 Zoll 10 Linien ($27^m 42^c$); Die Bogenhöhe 15 Fuſs 0 Zoll 3 Linien ($4^m 88^c$). Das Gewicht ihres Eisens soll 270 Tonnen oder 5400 Centner betragen. Wahrscheinlich hatte die Brücke von Sunderland dem Ingenieur *Wilson* gezeigt, daſs es unnöthig sey, den Gewölbstücken der Brücke bey *Stains* eine so groſse Höhe als bey jener Brücke zu geben, und daſs der Guſs, wenn ein Gewölbstück zwey Abtheilungen nach der Queere erhält, immer beschwerlicher ist, als wenn man das Mittelstück wegläſst, folglich ein Gewölbstück der Länge des Bogens nach gröſser gegossen werden kann. Er gab daher der Höhe eines Gewölbstückes bey der Brücke von *Stains* (F. 40.) nur 3′ 6″ ($1^m 16^c$). Dasselbe hat beym untern Theil des Bogens eine Länge von 4′ 2″ ($1^m 25^c$) und am obern Theil des Bogens 4′ 3″ 7‴. An dieser Brücke ist daher ein Bogenstück, beynahe doppelt so lang, als bey der Brücke von Sunderland. Die Höhe der untern und obern Bogentheile *d*, *d* Fig. 40. beträgt 5 Zoll 6‴ (15^c), die Stärke 3″ 8‴ (10^c) und eben so stark sind die vier der Höhe nach gehenden Radial - Stützen *e* Fig. 39. und 40., deren vordere Breite nur 1″ 6‴ beträgt. Jeder untere und obere Bogentheil *d* eines Gewölbstückes Fig. 40. hat, $\frac{3}{4}$ Zoll von ihrem Ende, eine etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll vorstehende Platte *a*. Die beyden Platten zweyer aneinander stoſsenden Bogentheile lassen nun eine etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Vertiefung zwischen sich, in welcher die zwey Verbindungsstücke *a b* Fig. 41. und 42. einpassen. Damit aber die einzelnen Gewölbstücke, dem Bogen nach, aufs Genaueste und Festeste verbunden werden, so sind die obern und untern Bogentheile *d* an ihrem Ende auf eine Länge von 18 Zoll hohl gegossen, so daſs ein eben so langes und 3″ 8‴ hohes eisernes Prisma, das wir bey *c* sehen, darin einpaſst. Dasselbe muſs natürlich in jenen hohlen Raum des Gewölbstückes eingetrieben werden, ehe das Verbindungsstück *a b* auf das Ende des Gewölbstückes, gegen dessen vorstehende Platte, angeschoben wird. Ist das Verbindungsstück *a b* angelegt, dann wird das zweyte Gewölbstück auf das Prisma und gegen das Verbindungsstück angetrieben. Dieses in Fig. 40. punctirte Prisma hat

zwey länglichte Löcher, die auch durch Puncte angegeben sind. Das Ende eines Bogentheils des Gewölbstückes hat aber ein eben so großes Loch, das auf eines von jenem paßt, so daß durch diese Oeffnungen eiserne Schließbolzen eingetrieben werden.

Diese Beschreibung wird ohne Zweifel hinreichend seyn, die Construction des Bogens zu erklären, zumal die Ansicht Fig. 18. und das in der Mitte genommene Profil Fig. 38. das weitere deutlich macht. Nach diesem letztern sollte man dafür halten: daß fünf eiserne Bögen errichtet sind, die die Fahrstraße oder die Wagengeleise bilden. Vielleicht ist darüber auch eine aus Lehm und Hammerschlag bestehende Masse gelegt. Indessen werden diese fünf Bögen den Druck der Lasten auf die sechs Rippen vertheilen. Wie die den Druck vertheilenden und die den Fahrweg unterstützenden eisernen Ringe und Ovale, über jede der sechs Rippen, angebracht sind, wie der größte Ring an dem Widerlager anliegt, und mit den obern Theilen der Gewölbstücke verbunnen ist; dieß zeigt Fig. 18. Ob aber die sechs Rippen oder Bögen in die zwey Widerlager hineingehen, darüber konnte ich nichts erfahren. Das Gewicht der Brücke habe ich aus Memnichs Reisen genommen, worin auch der Baumeister *Wilson* genannt wurde. Wie hoch der Anfang des Bogens über den niedrigsten Wasserstand der *Themse* steht, ist mir unbekannt. Man wird indessen gestehen müssen, daß diese Brücke wegen ihrer großen Leichtigkeit und großen Oeffnung ein ästhetisches Kunstwerk ist, und daß ihre Theile mit vieler Sachkenntniß geformet und untereinander verbunden sind.

Dieß sind also meines Wissens die drey größten eisernen Brücken Englands.

§. 162. Ueber eine andere Art von eisernen Brücken hat *John-Nash*, im Jahre 1797, ein Patent erhalten. Nach dieser Construction, bey welcher die Zusammensetzung einer jeden ihrer Rippen oder einzelnen Bögen, der Zusammennielhung von den Salzpfannen in den Salzsiedereyen ähnlich ist, sollen eiserne Platten, die aus Gußeisen oder Eisenblech bestehen, vermittelst Schrauben und Niethnägel aneinander befestiget, auf die hohe Kante gestellt, und auf diese Art der Bogen gebildet werden. Herr *Nash* will auch Kästen mit einem Boden gießen lassen, und vermittelst Schrauben gegen einander befestigen, dann die Kästen mit Erde, Lehm oder Ziegelbrocken ausfüllen, und dieselben mit einer daran geschraubten Platte, den Fahrweg bildend, bedecken. Wer wird also noch jetzt mit solchen aus Platten geformten Bogen für eine neue Erfindung ausgeben wollen? Ich will zum Ueberfluß folgendes über die Construction von *Nash* wörtlich aufnehmen, was darüber in der Sammlung nützlicher Aufsätze, die Baukunst betreffend, 1798 1. Theil Seite 41 gesagt ist. Es lautet so: „Die Gehäuse mögen übrigens von gegossenem oder geschmiedetem Eisen, oder von gegossenen, gewalzten oder geschlagenen und zusammengefügten ebenen Platten gemacht seyn; sie können mit oder ohne Boden gegossen, und im letzten Fall diese nur lose eingelegt werden; oder sie können auch ganz ohne Boden gebraucht wer-

den, oder ausgefüllt und auf der Oberfläche getäfelt oder mit Platten belegt und der Weg darüber aufgefüllet seyn: oder die Kästen können aus einer Folge mit Kreutzbändern verbundener Bogen bestehen, und in den Widerlagen zwischen den Bogen ausgefüllet seyn oder nicht; oder sie können durch hohle Röhren mit Kreutzbändern gebildet seyn *)". Nach diesen Constructionen hat der *Kaiser von Rufsland* über einen Canal in *Petersburg*, auf Anrathen des Grafen *Romanzoff* einige Brücken anlegen lassen, die aber, ohngeachtet ihrer geringen Weite, eine bedeutende Summe kosten. Der Ingenieur sieht indessen sogleich, dafs, nach der ersten Construction, (die nach ihr erbauten Brücken nennt man *Platten-Brücken*) die Verbindung der einzelnen Rippen unter sich, und mit dem obern Theile der Brücke, welche den Fahrweg trägt, vieles geschmiedete Eisen und Schrauben erfordert, dafs die schmalen Rippen zwischen den Säulen, die seitwärts gehen, eingeschlossen, oder daran mit vielen Schrauben befestiget werden müssen, dafs die Eisenmasse bedeutend, und die Kosten sich weit höher belaufen, als bey meiner Construction, die ich beschreiben werde, selbst noch bedeutender seyn müssen, als bey den Brücken von Sunderland und Stains; dafs aber die Anwendung des Eisenbleches eine kostbare Verbindung nothwendig macht, um dem Bogen die gehörige Steifigkeit zu geben. Endlich sieht der Ingenieur, dafs diese Construction, nach welcher schmale Stücke auf die hohe Kante gestellt werden sollen, lediglich von den Bohlendächern, die *de l'Orme* allgemeiner machte, und die zu Kuppeln und grofsen Gebäuden nicht genug empfohlen werden können, aber leider noch vielen Architekten unbekannt sind, entlehnt ist. Die zweyte Construction mit den aus Gufseisen bestehenden Kästen findet in der Ausführung viele Schwierigkeiten: denn diese Kästen lassen sich sehr schwer giefsen, und bey vielen verunglückt der Gufs; daher haben die Gufsmeister in Rufsland sich zum Gufs mehrerer Brücken nicht gerne verstehen wollen, wie mir der russische General-Inspector der Land- und Wasser-Communicationen, Herr von *Carbonnier*, versichert hat. Auch ist leicht begreiflich, dafs solche Brücken ein schwerfälliges Ansehen haben, und dafs bey grofsen Bogenöffnungen eine enorme Masse von Eisen dazu gehört, um nur die Schenkel des Bogens auszufüllen.

§. 163. Wiewohl in England die ersten eisernen Brücken ausgeführt sind, so scheinen doch die Franzosen früher den Vorschlag bekannt gemacht zu haben, mit Eisen grofse Brücken zu construiren. Nach *Montpetit* prospectus d'un pont de fer d'une seule Arche 1783 soll *Desaguilliers* schon früher als *Garrin*, im Jahre 1719, die Idee gehabt haben, eiserne Brücken zu erbauen. Der letztere stand im Begriff, eine solche Brücke zu Lyon auszuführen, während eine andere zu *St. Vincent* über die *Saône* vorgeschlagen ward. Im Jahre 1755 beschäftigte sich *Montpetit* und *Goiffon* mit dem Entwurfe zu einer über die *Rhône* zu erbauenden eisernen Brücke. Ich komme daher zu den französischen eisernen Brücken.

*) Monthly Magazin for March 1797. pag. 221.

Beschreibung der eisernen Brücke, pont des arts zu Paris. Siehe Tab. 126. Fig. 17., 31. und 34.

§. 164. Ueber diese über die Seine, zum Gebrauche für Fufsgänger, im Jahre 180$\frac{3}{8}$ auf Aktien erbauten Brücke, hat der verstorbene Generalinspektor *Cessart* die erste Idee entworfen *), die nachher der verewigte Generalinspector *Gauthey* oder der verstorbene Oberingenieur *Demoustier* abänderte. Der letztere führte auch den gröfsten Theil der Brücke aus; nach dessen Tode wurde der Bau dem Ingenieur *Becqué de Beauprés* übergeben. Sie besteht aus neun Bögen, wovon jeder zur Weite 55′ und zur Höhe 10 Schuh hat. Jeder Bogen ruht auf einem oben fünf Schuh dicken und 20 Schuh hohen massiven Pfeiler, und die zwey massiven Widerlager begränzen dieses schöne, zur Bequemlichkeit der Pariser erbaute, und für die Aktionärs sehr einträgliche Werk **).

Ein eiserner Bogen dieser Brücke besteht aus fünf Rippen, siehe F. 31., welche die Hälfte der Brücke darstellt. Die Ansicht von einer etwa 6″ breiten Rippe *a c* ist in Fig. 17. dargestellt. Sie besteht aus zwey Theilen, welche in der Mitte in einem Schlufsklotz zusammenstofsen. Wie die fünf Rippen, mittelst den eisernen Stäben *c*, *d* und *e* verbunden sind, durch denen, so wie durch jede Rippe ein Bolzen geht, dieses zeigen F. 17. und 34. Diese Verbindungsstücke sind, von oben anzusehen, in der untern Figur von Nr. 34. dargestellt. Die auf jeden Pfeiler stehenden Stangen (Fig. 17.) tragen die Mitte des Nebenbogens. Auf diesem ruhen drey einen Theil des Brückenweges tragende Schwellen *b*. Diese sind aber, damit sie sich nicht verschieben, mit einem eisernen Bande, der mit der eisernen, auf den Bögen ruhenden Stütze, ein Ganzes macht, umgeben, wie dies die 35. Figur zeigt.

Die Pfeiler dieser Brücke stehen auf einem mit Steinen und Mörtel gefüllten und auf Grundpfähle ruhenden Kasten. Man hat nämlich die Pfähle unter dem niedrigsten Wasser abgeschnitten, den Raum zwischen denselben mit Steinen und Wassermörtel ausgefüllt, und auf diesen Pfählen einen Kasten versenkt, der alsdann bis zur Wasserhöhe ausgemauert wurde. Ragte das Mauerwerk über den Wasserstand empor; so wurden die Seiten des Kastens abgenommen, und zu einem andern Pfeiler gebraucht.

Beschreibung der über die Seine zu Paris bey dem Jardin des plantes erbauten eisernen Brücke. Tab. 126. Fig. 14., 23 bis 28.

§. 165. Diese Brücke hat die Benennung *Pont d'Austerlitz* erhalten. Sie besteht aus fünf Bögen, wovon jeder 99 Fufs 7 Zoll (32^m 48, 4^c) weit und 9, 8 Fufs hoch

*) *Cessart* wollte eilf 48 Fufs weite eiserne Bögen, auf Pfahljoche errichten, und diese Brücke sollte 200000 Franks kosten. Doch ich verweise auf dessen Description des travaux hydrauliques, par Cessart. Tom III, pag. 309.

**) Man hat mir gesagt, dafs die Actionärs mehr als 15 pro Cent von ihrem Kapitale ziehen; nach 20 Jahren fällt aber diese Brücke der Regierung anheim.

ist:. folglich verhält sich die Bogenhöhe zur Weite wie 1 : 10. Von den vier Pfeilern dieser Brücke ist jeder oben 9 Fuſs dick, und vom Rost an, 24 Fuſs hoch. Er ist mit einem Vorsprung und Steinwurf umgeben. Die Gewölbstücke Fig. 23. und 14. sind, nach denen der Brücke von Sunderland, der Höhe nach, in zwey Felder vertheilt. Ihre drey dem Bogen nachlaufenden Theile sind fünf Zoll hoch, und so wie alle übrigen Theile 2½ Zoll dick, welche Stärke auch die fünf Radialtheile eines Gewölbstückes haben. Wie mit den Verbindungsstäben *q q* Fig. 14. und 23., welche am Ende Blätter habn, die sieben Rippen zu einem ganzen Bogen, dessen Breite 37′ 10″ 3‴ (12^m 12^c)ausmacht, so daſs die Mitte einer Rippe von der andern 6 Fuſs 1′ 2″ (2^m) entfernt ist, sich vereinigen, und wie je zwey Gewölbstücke, vermittelst eiserner Platten und sechs Schrauben, zusammengehalten werden, wie der Ingenieur *Lamandé*, der den Bau dieser Brüke von 1805 bis 1807 ausführte und den Entwurf dazu gemacht hat, die Gewölbstücke aufwärts nach den Radien des Bogens mit gegossenen eisernen Stäben verlängerte, dies zeigt Fig. 14. Die Ansicht des auf einem Pfeiler eingelassenen Gewölbstückes ist in dieser Figur nur zur Hälfte, aber in Fig. 21. ganz dargestellt. Diese sieben Pyramidalstücke der sieben Rippen sind mit drey Querstangen unter sich verbunden, und diese haben Seitenstreben erhalten, wie dies Fig. 14. und 20. zeigen. Das Unterlager, worauf ein Pyramidalstück ruht, und das in den Pfeilern selbst eingelassen ist, sieht man in Fig. 22. Zwischen den einzelnen Gewölbstücken und den Radialstützen sollen dünne Kupferplatten eingelegt seyn, wie man mir gesagt hat. Oberhalb den eisernen Bögen ruhen, auf 6′ Abstand, Balken *o* Fig. 14. und 20., welche die Tragschwellen bilden: über denselben liegen 1½ Zoll starke Bohlen, worüber man Hammerschlag und Kiesel geschüttet hat. Diese Schwellen sind vorne mit bronzenen Larven verziert worden. Wie jeder der sieben Rippen in das Widerlager eingelassen ist, zeigen Fig. 14. 26. 27. und 28. Der Fahrweg von der Brücke ist 22′ 2″ (7^m 20^c) breit; jedes Trottoir hat eine Breite von 6′ 9″. Wie das Unterlager der Trottoirs gelegt, und überhaupt diese Brücke in ihrer Mitte beschaffen ist, dies zeigt der Durchschnitt Fig. 20. deutlich.

Die Verbindung der einzelnen Theile ist mit vorzüglicher Sachkenntniſs geordnet, und ich würde dieser Brücke den Vorzug vor den englischen oben beschriebenen Brücken geben, wenn das obere die Schwellen *o* Fig. 14. tragende Eisen einer jeden Rippe, nicht horizontal, sondern mit 1½ bis 3 Zoll Steigung auf die Klafter gelegt wäre. Dann würde nämlich das Setzen des Bogens, welches nothwendig nach der bewirkten Ausrüstung erfolgen müſste, keinen Einfluſs auf die eisernen Träger, welche die Rippen mit dem Obertheil der Brücke in Verbindung bringen, gehabt, und der von den über die Brücke gehenden Lasten entstehende Druck würde weniger seitwärts auf die den Widerlagern und Pfeilern zunächsten Träger und Theile der Gewölbstücke, seine Wirkung ausgeübt, sondern vielmehr sich der Verticalebene genähert haben: so daſs also derselbe sich auf mehrere Theile des Bogens ausge-

dehnt haben würde, als gegenwärtig. Um den Fahrtweg horizontal zu legen, dazu hätte man sich (über den Pfeilern) nur einiger Schwellen bedienen können. Genug! die schrägstehenden Träger sollen einige Risse erhalten haben, und die vielen Schrauben bedürfen der steten Nachsicht. Diese Brücke hat über zwey Millionen Franken gekostet. Als sie aufgerichtet werden sollte, paſsten, wie man mir gesagt hat, die mittlern oder Schluſsstücke nicht vollkommen, so, daſs die Bogenform nicht entstand. Es wurde daher unter der ausgerüsteten Brücke ein groſses Feuer gemacht, nachdem man den obern Theil mit Steinen beschwert hatte; als jetzt das Eisen durchglüht war, gab sich der Bogen abwärts in die für ihn bestimmte Krümmung.

Herr *Lamandé* hat auch den Entwurf zu einer eisernen Brücke, nämlich zu der Brücke von Jena gemacht. Dieselbe sollte 5 Bögen, jeder zu 28^m Oeffnung und 3^m 30^c Höhe erhallten. Die Gewölbstücke der acht Rippen sollten eine Kreuzverbindung bekommen, und ihre Zusammensetzung wollte dieser Ingenieur, wie bey der Brücke von Sunderland, mit eisernen Schienen, die Queerverbindung aber, wie bey der Brücke von Austerlitz, bewerkstelligen. Dieser Plan wurde aber nicht angenommen, sondern es ist von eben diesem Ingenieur in eine steinerne Brücke entworfen worden, die jetzt vollendet ist.

§. 166. In Teutschland ist, meines Wissens, nur eine anmerkenswerthe eiserne Brücke erbaut, denn die in Berlin über den Kupfergraben errichtete, ist unbedeutend. Ihr Bogen hat nur 19 Fuſs 2½ Zoll zur Weite, dessen Höhe beträgt sieben Schuh. Ihre Construction ist die der folgenden Brücke ähnlich. Diese Brücke, welche ich meyne, hat der Graf *Burghaus* zu *Laasan* in Niederschlesien, im Jahre 1794, auf seine Kosten, über das *Strigauer-Wasser* erbaut. Sie ist Fig. 16. 29. 30. dargestellt. Die Oeffnung ihres Bogens beträgt 40 Schuh und die Breite 18 Fuſs. Sie wiegt etwas über 800 Centner, hat 7694 Thaler gekostet, und ist auf dem berühmten Eisenhüttenwerke zu Malapane von Herrn *Baildon* gegossen worden. Uebrigens ist die Construction durch die angeführten Zeichnungen erklärt.

§. 167. Die bisher zum Theil von Eisen aufgeführten Brücken, von denen ich die wichtigsten beschrieben habe, sind äusserst kostbar. Ich dachte daher darüber nach: wie die bekannten Constructionen mit einer aus eisernen Röhren zusammengesetzten vertauscht werden könnten, indem ich bereits im Jahre 1805 im vierten Bande der ersten Auflage dieses Werkes und im Jahre 1809 in meinen Beyträgen zur Brückenbaukunde Seite 98, so wie in der Preface der französischen Ausgabe Seite 8, zu den Schleusen und Brücken, hohle eiserne Röhren und Pfähle vorgeschlagen hatte. Diese Construction habe ich im Herbste 1810 dem Oberingenieur *Barraga*, dem Bauinspector *Schuster*, dem Bauingenieur *Regauer* mitgetheilt; dem letztern aber beauftragte ich im December, sich nach dem Preise solcher Röhren, auf der Hütte von Kieferfelden am Inn, zu erkundigen. Im Jahre 1811 theilte ich die Idee von dieser Construction dem Baudirector von *Brentano*, und dem Ingenieur *Rief* in Neuburg mit,

und liefs, nach meiner Angabe, das Modell einer *aus Röhren* zusammengesetzten Brücke verfertigen. Am 25. May machte ich in dem französischen, dem I. Bande beygefügten Sendschreiben an das französische Institut, von dieser Consruction, eine Anzeige, und jetzt besitze ich ein vortrefflich gegossenes Modell, wovon ich weiter unten Auskunft geben werde *).

Ueber meine construction der eisernen Brücken. Tab. 126. und 134.

§. 168. Da die aus Eisen gegossenen kreisförmige Röhren bey gleicher Masse des Eisens eine gröfsere Tragkraft als Stäbe aus Gufseisen und volle Cylinder von eben der Masse ausüben **), weil sie ein doppeltes Gewöbe bilden, und welches die noch vorkommenden Versuche beweisen; so wähle ich cylinderförmige Röhren zu den Rippen eines Bogens (siehe Figur 1. bis 12.). Auch diejenigen Theile, welche die Rippen des Bogens zusammen verbinden, bestehen aus Röhren, und da diese weiter nichts als sich selbst zu tragen haben, sondern nur die Steifigkeit des Bogens, d. i.

*) Ich habe auch die eisernen Röhren zu einem von mir angegebenen Theater, welches ich für München (1811) entwarf, zum Tragen der Logen vorgeschlagen, um den Schall zu vermehren und das Sehen zu erleichtern. Dieses Theater würde ein Perystyle von sechs corinthischen Säulen, und wie ich mir schmeichle, eine den Erfordernissen eines grofsen Theaters entsprechende Einrichtung erhalten haben. Ich setzte dieses Theater mit zwey Gebäuden in Verbindung, wovon jedes an der Hauptseite eine aus 6 jonischen Säulen bestehende Vorhalle hat, und dessen auf eine Strafse stofsende Seite 4 solche gleichfalls freystehende Säulen erhalten sollte. In jedem dieser Gebäude, welche für ein Cassino und für das Musäum bestimmt sind, habe ich einen mit einer Bohlen - Kuppel zu deckenden grofsen runden Saal angebracht. Diese Säle würden von oben beleuchtet, und die zwey Kuppeln würden die Ansicht auf München mannigfaltiger machen. Den einen Saal hatte ich zu den Proben des Orchesters und der Schauspiele bestimmt; er kann geheitzt werden, und würde, wegen der aus Bohlen bestehenden Kuppel, jeden falschen Accord und jede falsche Declamation leicht hörbar machen. Der andere im Museum, würde zu den Concerten gedient haben. Hinter der Bühne sollte ein 100 Fufs langer und 50 Fufs breiter Saal kommen, der zur Vergröfserung der Bühne, zu den Redouten, oder je nachdem es erforderlich wäre, für die Decorationsmahler zum Attelier, dienen könnte, und der durch die im ersten Stock angebrachten Fenster, also von oben beleuchtet würde. Die Bedachung des Theaters habe ich nach der Construction meiner Bogenbrücken gewählt, die es möglich macht, ein niedriges Dach ohne viel Holzwerk über das 80 Fufs breite Hauptgebäude zu erhalten, und dem Plafond eine schöne Form zu geben; es ist meinen bey Brücken angewendeten Bogenhängewerken §. 53., ähnlich. Vor der Bühne wollte ich, zur Vermeidung eines Brandes, einen von Blech bestehenden Vorhang, der aus einzelnen Paletten gemacht werden kann, zur Zeit der Gefahr, herablassen. Die Farbe des Innern vom Theater sollte hellblau seyn, weil sich diese Farbe bey Licht zum schönsten ausnimmt, welches das Theater an der Wien zu Wien beweifst. Die Zeichnungen dieses Entwurfes habe ich zur letzten Kunst - Ausstellung gegeben. Diesen Entwurf werde ich vielleicht stechen lassen, wo er dann mit dem im Bau begriffenen Theater, worüber ich hier nichts sagen mag, verglichen werden kann; dessen Plan ist aber nicht, wie der meinige, öffentlich ausgestellt worden!!

**) Eytelwein in seinem vortrefflichen Handbuche der Statik fester Körper 2. Band Seite 322, berechnet die respectiven Festigkeiten des vollen Cylinders von gleicher Masse zu der einer Röhre, wie 0,824786 zu 1.

die Vereinigung oder Verbindung der Rippen zu einem Ganzen bewirken, so ist ihr Durchmesser geringer, als der von den Röhren der Bogen-Rippen. Ellyptische Röhren, die natürlich mehr tragen, als cylinderische, wählte ich defswegen nicht, weil sie nicht ein so schönes Ansehen darbieten, als jene, ihr Gufs und ihre Formung nach der Bogenkrümme, so wie das Aufpassen der Hülsen, die sich nicht darauf verschieben lassen, beschwerlich, der Unterschied an Eisen aber unbedeutend wird.

Bey dieser Construction habe ich drey wesentliche Zwecke zu erreichen mich bestrebt, und den vierten nicht verabsäumt. Ich habe dieselbe nämlich dergestalt einzurichten gesucht, 1) dafs die Brücken nicht nur die schwersten Lasten tragen, sondern auch der schnellen Bewegung dieser Lasten einen vollkommenen Widerstand leisten; und alle den Fahrweg unterstützenden Theile, der Einwirkung, welche die Auswechslung der Temperatur hervorbringt, unschädlich nachgeben, indem ich sie von geschmiedeten Eisen und nicht von Gufseisen mache. 2) Dafs die Seitenausbiegung des Bogens verhindert; 3) dafs die Oscillation der Brücke unbedeutend, und 4) die Construction dergestalt eingerichtet sey, dafs der Stofs oder die heftige Bewegung von den Fuhrwerken und der Reuterey, selbst bey der strengsten Kälte, keine nachtheilige Einwirkung auf die eisernen Bögen (Bogenrippen) oder den übrigen Theilen der Brücke hervorbringen.

Dieses sind nämlich die vier Bedingungen, denen alle Bogenbrücken entsprechen müssen. Betrachten wir die erste Bedingung, d. i. die Tragkraft: so ergiebt sich die nothwendige Folge, dafs man bey der Construction einer Brücke, so viele Tragpuncte als zum vollkommensten Widerstande der Lasten nothwendig sind, zu erhalten suchen, also Tragringe und Tragschrauben anwenden müsse. Wird die zweyte Bedingung erwogen; so erscheint die Nothwendigkeit, dafs man, zur Verhinderung der Seitenausbiegung, den Bogen der Brücke, nicht nur in die Widerlager einschliefse, oder mit ihrer Masse genau verbinde, sondern auch dafür zu sorgen habe, dafs die einzelnen Rippen des Bogens nicht isolirt in die Widerlager eingelassen, sondern an ihren Enden untereinander verbunden werden müssen; dafs man ferner, den obern Theil (von eisernen oder hölzernen Bögen) mit der Masse des Widerlagers innigst vereinige, und endlich bey jeder grofsen Oeffnung, von dem Widerlager ab nach einer schiefen Richtung gehende und in der Mitte des Bogens sich vereinigende Rippen (Diagonal-Rippen *G H* Fig. 3.) anzubringen habe. Was die Oscillation der Brücken anbetrifft, so kann der Ingenieur dieselbe dadurch unmerkbar machen, dafs *a*) die Haupttheile des Bogens in die Widerlager hineingehen, *b*) dieselben dergestalt miteinander verbunden werden, so dafs der Bogen die gröfstmöglichste mit einer weisen Sparsamkeit verbundene Stabilität erhält; und dieses letztere wird vorzüglich durch die nach der Queere anzubringenden Verbindungsstücke bewirkt. Endlich dient zur Auffangung oder Vernichtung des heftigen Stofses der sich über die Brücke schnell und ruckweise bewegenden Lasten oder Kräfte, der hölzerne den Fahrweg unmittel-

bar tragende Bogen. Die Oeconomie dieser Construction spricht sich dadurch deutlich aus, dafs sie, unter allen bisher ausgeführten und vorgeschlagenen Constructionen, die geringste Eisenmasse erfordert. Man kann nämlich leicht die Tragkraft eines Bogens vermehren, wenn man die Masse seiner Theile verstärkt, auf diese Weise auch die Bauwerke aller Art mit unnöthigen Kostenaufwande aufführen. Dieses Hülfsmittels bedienen sich bey ihren Werken die gewöhnlichen Baumeister; der kenntnifsvolle Ingenieur hingegen, setzt das gröfste Verdienst darin: mit der geringsten Körpermasse, dauerhafte und geschmackvolle Werke auszuführen. Die folgende Darstellung wird es zeigen: ob diese meine Construction, den oben aufgestellten Bedingungen entspricht, und ich werde mich bemühen, ihre Zweckmäfsigkeit, durch die Resultate, der im Grofsen über die Tragkraft des Eisens angestellten Versuche, zu begründen.

§. 169. Ich habe drey Brücken der Art entworfen: die eine Fig. 12. T. 126., deren Bogen 120 Fufs Weite und 12 Fufs Bogenhöhe hat; die zweyte, aus einem Bogen, von 306 Schuh Oeffnung und 30 Schuh Höhe Fig. 1. und 2. Figur 1. zeigt nämlich den geometrischen Aufrifs dieser letztern Brücke, bis zum Widerlager, und Fig. 2. ihren und längs dem Mittelbogen E Fig. 3. genommenen Durchschnitt; und die dritte Brücke Tab. 133. war für die Isar bey München bestimmt. Alle drey Entwürfe haben einige Verschiedenheit, aber in der Hauptsache kommen sie überein.

§. 170. Der Brücke von 120 Schuh Bogenweite gebe ich drey aus Röhren bestehende Rippen *b*, *c*, *d*, Fig. 13. Tab. 126. Jede der zwey Seiten-Röhren wird 9 Zoll im Durchmesser stark und ihr voller Rand erhält 1 ½ Zoll zur Dicke. Die mittlere Röhren-Rippe *c*, welche man das *Rückgrad der Brücke* nennen könnte, soll auch diesen Durchmesser erhalten, aber ihr voller Rand nur einen Zoll dick seyn *). Diese drey Rippen bringe ich mit Röhren in Verbindung, die auf 8 bis 10 Schuh Abstand gelegt werden mögen. Ihr Durchmesser betrage 6 Zoll, und ihr voller Rand sechs Linien; die ich ihrer Bestimmung wegen *Verbindungs-Röhren* nenne. Bevor ich die Versuche über den Widerstand der eisernen Röhren gemacht hatte, wollte ich die Röhren der zwey Seitenbögen zwölf Zoll im Durchmesser stark machen, und die Dicke des Eisens oder des eisernen Randes bestimmte ich zu 1 ½ Zoll, von dem mittlern Bogen aber zu einem Zoll.

*) In der That scheint mir die Benennung *Rückgrad der Brücke* für den Mittelbogen sehr passend zu seyn, und mir entsteht hierbey die Idee: dafs man die Bögen kleiner für englische Gärten bestimmten eisernen Brücken (der Merkwürdigkeit wegen) so von Gufseisen aus einzelnen Theilen zusammen setzen könnte. dafs sie den Wirbelbeinen vom Rückgrade des Menschen ähnlich geformt sind. Man würde dabey einige von dem sogenannten Fortsetzen der einzelnen Wirbelbeine weglassen. Siehe Tab. 9. und 10. des *Albinischen* Werkes: Tabulae ossium humanorum Tom. II. Wenn man für den Mittelbogen die Benennung Bogen- oder Brücken-Rückgrad adoptirt, so können auch die Verbindungsstücke *Rippen* genannt werden.

Damit die drey auf die Verbindungs-Röhren liegenden Rippen, *b, c, d*, Fig. 13. welche den Bogen der Brücke bilden, nicht in das massive Widerlager eingedrückt werden können, welches bey ihrer kleinen Durchschnittsfläche geschehen würde, wo sie sich denn um ihre Endpuncte zu drehen streben müfsten, selbst im Falle man sie auch an eine kleine eiserne Platte ansetzen wollte: so lege ich über ihr Ende eine Verbindungsröhre *a* Fig. 12. u. 13.; ziehe durch diese und durch jede der drey Rippen oder Bögen *b, c, d*, eine 1 ½ Zoll starke Schraube. Hinter dieser Röhre *a* und jedem der drey Bogenrippen wird eine 16 Quadratschuh grofse und drey Linien dicke aus Gufseisen bestehende Platte gelegt, welche an das in Fig. 12. gezeichnete, aus Gewölbsteinen gemachte Bogenstück, zunächst aber an einen grofsen Stein, anliegt. Da dieses Bogenstückes unterer Stein, mittelst einer durch denselben und der Rostschwelle gezogenen 1 ½ Zoll dicken Schraube mit dem Pfahl- und Schwellroste verbunden ist, so kann derselbe nicht weichen. Die zwey Seitenrippen sind untereinander, in der Queere, mit auf 8 bis 10 Schuh Abstand liegende Verbindungs-Röhren *r, m, n, q*, Fig. 13. u. s. w. vereinigt. Jede solche Röhre besteht aus zwey Theilen, die, wie die Röhren der Seitenrippen, in der Mitte zusammen verbunden sind. Ueber diese Verbindungsröhren liegt die mittlere Rippe *c*, welche sich an das Gewölbe des Widerlagers, durch welches ich dessen Masse beynahe um die Hälfte verringert habe, anlehnt. Eine Anordnung der Widerlager, welche sich auch beym Bau der steinernen Brücken anwenden läfst, und wodurch Tausende erspart werden!

Die Röhren *a* fülle man ganz und die 3 Rippen *b, c, d* bis 2 Schuh vor das Widerlager hinauf, mit Sand und frisch gelöschten Kalch, um ihre Tragkraft und Stabilität zu vermehren.

Das Widerlager erhält hinter den Röhren eine Dicke von 18 Fufs, und wird, wie gesagt, vermittelst der Bogenform, gegen die Mitte zu, an Masse, nicht aber an Stärke, geringer; übrigens auf einen bis zum Stehen mit einem zwölf Centner schweren Rammklotze einzurammenden Pfahlroste erbauet. Es ist daher so stark als das Widerlager bey den Steinernen Brücken von St. Edme, Saumur, St. Michel zu Paris, zu Trilport, der Brücke von *Kiou* über die Themse und mehrere andere steinerne Brücken. So glaube ich nun für die Stützpuncte des Bogens überflüssig gesorgt zu haben.

§. 171. Um den Bogen in der Verticalebene zu erhalten, dazu dient: 1) das Einschliefsen der Rippen in die Widerlager. 2) Diejenige Anordnung, wodurch die letzte Verbindungsröhre *a* horizontal gehalten wird, indem darauf der obere Theil des Widerlagers liegt. 3) Die Verbindung der Rippen mit den obern gekrümmten Balken (Curvenlage) *e, f*, Fig. 12., vermittelst den eisernen mit Schraubenwindungen versehenen und durch die Rippen *m n o* und *p* gehenden Radialstützen, welche Balken auch in das Widerlager eingelassen sind. 4) Anstatt dieser aus geschmiedeten Eisen bestehenden Radialstützen, welche oben und unten Schraubenwindungen haben,

besonders anstatt der sechs dem Widerlager zunächst stehenden, könnte man auch über jeden Bogen zwey grofse und sechs kleine Ringe, also auf der einen Seite des Widerlagers sechs grofse und achtzehn kleine Ringe, anbringen, wie diefs bey dem grofsen Bogen Fig. 1. Tab. 126. und der Brücke Tab. 133. geschehen ist. Diese Ringe *c c* und das aus Gufseisen bestehende Stück *u u* sind vorzüglich geschickt, den Druck der Lasten auf viele Puncte des Bogens oder der Rippen zu vertheilen, und indem sie aus geschmiedeten Eisen bestehen, so geben sie sowohl dem Druck der Lasten als der Einwirkung der Temperatur etwas nach, und gehen zu ihrer Form wieder zurück. Sie üben daher eine Federkraft aus, die wegen ihrer Stärke und der Construction der Brücke, für die Stabilität nicht nachtheilig werden kann. Dünnes Gufseisen hingegen springt eher bey der Kälte, und ist daher nicht so zu diesem Zwecke geschickt. Dem Stofs der Fuhrwerke oder der Reuterey ist aber mit dem hölzernen Bogen *e f* Fig. 12. begegnet, so, dafs er nicht auf die von Gufseisen gemachten Röhrenrippen wirken kann, und dieser hölzerne Bogen ist eine wesentliche Verbesserung der eisernen Brücken. Damit er lange dauert, so sollte man ihn aus Eichen- oder Lerchenholz bestehen lassen.

§. 172. Die grofse Tragkraft dieser Brücken entsteht: *a*) aus der mittelst Queerröhren gemachten Verbindung der Rippen unter sich; denn die Stabilität wird dadurch vorzüglich bewirkt, dafs die Röhren, nur auf einen Abstand von 9 Fufs liegen, und dafs durch beyde, das ist, durch die Rippe und die Verbindungsröhre, Radialstützen gezogen sind. *b*) Darin, dafs der Bogen gegen und in die Widerlager einen unbeweglichen Stützpunct hat; *c*) dafs die zwey gegen das Widerlager gestützten Curven *e*, *f*, Fig. 12., und der Schlufsbalken *g* durch diese Radialstützen, mit dem Bogen selbst in Verbindung gebracht sind; folglich die Tragkraft und Stabilität der Brücke aufserordentlich vermehren. Ein Beweis hievon ist, dafs ich hölzerne Bogenbrücken, von 108 Fufs Bogenweite, blofs aus zwey Seitenrippen, die in der Mitte nur aus drey Curvenlagen bestehen, erbaut habe. *d*) Ferner wird die Tragkraft dadurch vermehrt: dafs die Tragpuncte, worauf die über die Brücke gehenden Lasten drucken, dadurch vervielfacht sind, dafs unter dem Schlufsbalken *g* eben so viele hölzerne Queerschwellen *k k* Fig. 13. (Tragschwellen) durchgehen, als Verbindungsröhren sind. *e*) Die Tragkraft und Stabilität der Brücke wird dadurch noch verstärkt, dafs in sechs Feldern eines jeden Bogens, zwey Zoll starke schräg stehende Stützen Fig. 12. angebracht sind, welche man, vermittelst Lappen, an die Radialstützen schraubt. *f*) Auch vermehren die fünf Strafsenträger Fig. 13, auf welchen der Geh- und Fahrweg ruht, so wie die darauf genagelten Deckplanken die Tragkraft oder Steifigkeit der Brücke bedeutend. Endlich wird *g*) die Stabilität dieser Brücke von der Spannung der eisernen Geländer verstärkt, und so werden die über die Brücke gehenden Lasten auf 32 Tragpuncte der 3 Rippen drucken, wenn sie die Mitte des Bogens berühren, ohne den Druck gegen die Widerlager zu rechnen.

§. 173. Der zweyte Entwurf, (Fig. 1. 2. 3. Tab. 126) den ich gemacht habe, besteht wie gesagt, in einer aus einem Bogen gebildeten Brücke, dessen Oeffnung drey hundert sechs Schuh, und dessen Höhe dreyſsig Schuh miſst. Dieser groſse Bogen erfordert, meiner Einsicht nach, die möglichste Vermehrung der Tragpunkte, d. i. die Vertheilung der Last auf so viele Punkte, als nur gewählt werden können, ohne die Festigkeit der beyden Haupttheile zu schwächen. Daſs diese nicht allein mit vertical stehenden Stützen erreicht werden kann, ist einleuchtend. Wir wollen jetzt sehen, wie ich das Problem, einen solchen Bogen mit den möglichst geringsten Kosten und der geringsten Masse dergestalt zu konstruiren und die Verbindung aller Theile so zu ordnen, daſs die Brücke die gröſsten Lasten trage, gelöst habe.

Den Röhren der zwey Seitenrippen, *D D* Fig. 3. gebe ich neun Zoll im Durchmesser, und ihrem vollen Rande eine Dicke von achtzehn Linien. Die auf 8½ Fuſs Entfernung gelegten Verbindungsröhren a^2 a^3 *etc.* erhalten sechs Zoll im Durchmesser, und ihr voller Rand eine Stärke von sehs Linien. Der mittlern Rippe *E.* Durchmesser betrage neun Zoll, deren voller Rand einen Zoll an Stärke. Die beiden Stütz- oder Widerlagsröhren *a a* Fig. 1. 2. 3. erhalten eben die Stärke, als die Seitenrippen, die Diagonalrippen *G. H.* aber die Stärke der mittlern Bogenrippe. In der Mitte des Bogens habe ich zur Verstärkung der Stabilität, eichene in der angezogenen Figur punktirte Windruthen angebracht, die an Stützklötze angetrieben werden.

§. 174. Ich habe bereits den Satz erwähnt, daſs es bei einem so groſsen Bogen nothwendig sey, die Haupt- Spann- und Tragpunkte so viel als möglich zu vermehren. Dieses bewerkstellige ich nun mit hen Spannringen *K. I. L. M.*, welche sowohl über die zwey Seitenrippen Fig. 1. als über den Mittelbogen Fig. 2. angebracht sind, und 2) mit den Ringen. Auf diese Weise wird der Druck derer das Mittel des Bogens passirenden Last auf 90 Haupt-Tragpunkte der zwey Seitenrippen und der mittlern Rippe vertheilt, ohne den Druck, den diese Last gegen das Widerlager, die Spannringe und auf die Diagonalrippen ausübt, zu rechnen. Dann entstehen noch über die Diagonalrippen 80 Tragpunkte, auf derjenigen Stelle, wo die Verbindungsröhren unter die Diagonalrippen durchlaufen, und woselbst Stützschrauben angebracht sind, wie dies bey den übrigen Rippen oder Bogen geschehen muſs, und in Fig. 1. 2. ausgedrückt ist. Endlich drückt die Last auf diejenigen Punkte der Rippen und des Widerlagers, welche von den groſsen und kleinen Ringen berührt werden. Es sind also, mit Einschluſs der 12 Tragpunkte auf die Widerleger, 182 Tragpunkte vorhanden, wenn die gröſsten Lasten die Mitte der Brücke passiren.

Die Steifigkeit oder Stabilität dieser Brücke wird aber nicht allein mit den zwey Seitenrippen, der mittlern Rippe und den Diagonalrippen bewirkt, sondern auch durch folgende Vorrichtung. Erstens bringe ich über die zwey Seitenrippen sechzehn, und über die Mittelrippe acht, also in allem vier und zwanzig groſse Spannringe, *K. I. L. M.*, dergestalt an, daſs sie mittelst Schrauben *B.* Fig. 2. sowohl mit den Rip-

pen oder den einzelnen Bögen, als mit der obern aus zwey gekrümmten Balken bestehenden Curvenlage *e. f.* verbunden sind. Von diesen aus geschmiedetem Eisen bestehenden Ringen haben die gröſsten *I.* und *K.* zwei Zoll Breite und vier Zoll Höhe, die zwey folgenden *L.* und *M.* zwey zoll Breite und drey Zoll Höhe. Die kleinen Ringe sind einen Zoll breit und zwey Zoll hoch (der volle Theil versteht sich). Zweytens sind in jedem Widerlager drey eiserne Ringe *A*, wovon zwey mit den Seitenrippen und der eine mit der mittlern Rippe in einer Vertical-Ebene stehen, eingemauert, vermittelst eines Lappens mit dem gröſsten Spannringe *K.* und einer 1½ Zoll dicken Schraube, mit den obern die Fahrbahn mittelbar tragenden Balken oder Schwellen, verbunden. Auf diese Weise kann sich der erste groſse Ring *K.* nicht aus dem vertikalen Stand geben, folglich auch nicht die übrigen Ringe, und also auch nicht die Rippen der Brücke, und hierdurch ist die oben gemachte Bedingung erreicht. Diese Ringe tragen auch vorzüglich zur Vertheilung des Druckes auf die Widerlager bey, denn indem sich ihre Seiten auszudehnen streben, wenn schwere Lasten die Brücke passiren, so muſs nothwendig der gröſste Ring an das Widerlager angepreſst, mithin der vertikale Druck auf die Rippen vermindert werden. Indem ich mich auf das über den Nutzen dieser Ringe Vorgetragene beziehe, so bemerke ich noch, daſs man denselben die Haltbarkeit der Brücken von *Stains* und *Sunderland*, deren Bogen flach ist, wesentlich zuzuschreiben Ursache habe.

§. 175. Guſseisen zu den Tragstützen des Fahrweges anzuwenden, sey es nun in Gestalt einer Röhre oder eines Stabes, ist schon deswegen nicht rathsam, weil es spröde ist, und daher von der Erschütterung, welche die die Brücke passirenden Lasten ausüben, gesprengt werden kann, indem es nicht nachgiebt, sondern springt. Ein Beweis hievon ist die Brücke von *Austerlitz*, woran einige Radialstützen gespalten sind. Auch dadurch, daſs die Rippen nicht allein in die Widerlager 7½ Fuſs tief eingelassen werden, sondern unterhalb einer Queerröhre *a*, die an eine eiserne Platte *d* und an ein Gewölbstück stöſst, wie dies Fig. *I* zeigt, liegen, wird die Stabilität der Brücke und die Stärke der Widerlagspunkte vermehrt; eine Vorrichtung, die ich bereits näher beschrieben habe.

Damit aber die zwölf ersten an jeder Seite des Bogens angebrachten groſsen Ringe in ihrem vertikalen Stande erhalten werden, und nicht bedeutend oscilliren, so habe ich dieselben (in der Mitte) mit einem drey Zoll hohen und einen Zoll dicken Stabe $9.\ 9^2.\ 9^3.$ Fig. 6. unter sich verbunden*). In einem jeden Ringe kömmt bey 9. eine sechs Linien starke und drey Zoll hohe Vertiefung, durch welche die Stange gesteckt wird. Auf beyden Seiten eines jeden Ringes geht durch diese Stange ein Splieſsbolzen, um die Verschiebung des Ringes zu verhindern. Also sind auf jeder Seite des Bogens zwischen den gröſsten Ringen drey solche eiserne Stäbe nothwendig. Fer-

*) Diese Ringe müssen, wie bey den groſsen Faſsringen deschieht, zusammengenietet werden, welches dem Zusammenschweiſsen vorzuziehn ist.

ner trägt es zur stabilität des Bogens bey, daſs an jeder seite desselben die drey groſsen Ringe *K* und die sechs kleinen Ringe mit der einen seite fest an das Widerlager anliegen, so daſs eine Erschütterung und Ausbiegung dieser Ringe, welche durch die beschriebene Einrichtung ein Ganzes bilden, nicht möglich ist.

Die Tragkraft dieser Brücke, so wie ihre Steifigkeit, wird ferner mit den Curven *N* Fig. 1. 6., zwischen denen die den Brückenweg tragenden Schwellen *O* (Tragschwellen) liegen oder fest eingelassen sind, gar sehr vergröſsert, die Oscillation hingegen sehr verringert: denn ähnliche Curven, die freylich mehr gebogen sind, tragen, bey den hölzernen Brücken schon die Lasten allein, und dann nimmt, wie bereits bemerkt ist, dieser hölzerne Bogen den Stoſs der Fuhrwerke auf; sichert daher die eisernen Rippen gegen das Zerspringen. Diese Kraft oder der Widerstand des Bogens und seine Stabilität wird noch von den Diagonalrippen *G H* Fig. 3. und dem Schluſs des Bogens, in welchen sich die Diagonalrippen und die mittlere Rippe vereinigen, so wie auch von den in den zwey mittlern Feldern des Bogens angebrachten und in Fig. 4 punktirten und aus Eichenholz bestehenden Windruthen vermehrt. Auch vermindern die auf Tragschwellen ruhenden funf Straſsenträger (Fig. 5 und 6.) die Oscillation der Brücke, tragen daher wesentlich zu ihrer Steifigkeit oder Stabilität bey. Iene wird auch von der Aufnagelung der Deckplanken auf die Straſsenträger, so wie von dem Balken, welcher die seiten der Trottoirs begränzt (Fig. 6.) vermindert, und diese vergröſsert. Endlich trägt das eiserne Geländer und seine Einrichtung Fig. 1., so wie das Pflaster des Fahrweges, zur Steifigkeit des Brückenkörpers wesentlich bey.

Da aber die Straſsenträger nicht allein die Oscillation der Brücke schwächen, und die Tragkraft vermehren, sondern auch die Abweichung des Bogens von der Vertical-Ebene zu verhindern trachten, indem, wenn sie sorgfältig auf die Tragschwellen abwechselnd eingelassen, und gehörig zusammengeschiftet, auch auf diese Schwellen mit sechs Zoll langen Nägeln befestigt sind, mit ihren Fasern der Seitenausbiegung des Bogens widerstehen, folglich ihre Erhaltung wichtig ist, und der durch die Brükkenbahn durchdringenden Nässe, also der Fäulniſs, ausgesetz sind: so wähle man dazu das beste Holz, und wo möglich eichenes.

§. 176. Diese Materie führt uns auf die Vorsicht, solche Brücken gegen die Einwirkung der Luft, der Nässe, der Sonnenstrahlen, so wie des Windes und Wurmfraſses, so viel als möglich zu schützen. Ich würde daher alles Eisen mit einem aus Steinkohlentheer und Oel gekochten Firniſs, das Holz mit gekochten Theer und Schusterpech, oder mit einem Anstrich von Oelfarbe überziehen; über die Deckplanken einen 2 Zoll hohen Aestrich legen, und darüber eine zweyte Plankendecke anordnen, worauf ein drey Zoll hohes Pflaster gelegt werden mag, worin man zur Abführung des Wassers, Oeffnungen, die durch die Deckplanken gehen, lassen müſste. Jedoch ist die Vorsichtsmaaſsregel dabey noch anzumerken, daſs das Pflaster erst ein Jahr

nach Erbauung der Brücke gelegt werde, um in der Zeit, von dem Grade ihrer Stabilität, sich überzeugen zu können. Der Aestrich kann aus Eisenschlacken, kleinem Kiesel, Ziegelmehl, Topf- und Krugscherben, und frischgelöschtem Kalk, oder erst aus Kies, dann Stroh, kleine Steine, endlich aus Ziegelmehl, Krug- und Topfscherben und frischgelöschtem Kalk bestehen. Er wird oberhalb mit einem an einem Stiel unterm stumpfen Winkel befestigten Brettchen eben geschlagen, wie man den Boden der Dreschtennen schlägt.

§. 177. Bis jetzt habe ich die Zusammenfügung der einzelnen Röhren nicht erklärt, um im Zusammenhange die Konstruction der Brücke darzustellen! Sie ist aber für den Bau dieser eisernen Brücken äusserst wichtig. Dabey muss der Ingenieur, zur Beförderung der Stabilität der Brücke und zur Vermeidung der Reparaturen, so wenig Schrauben als möglich anzubringen suchen, und denjenigen Abtheilungen eines Bogens oder einer Rippe, wo zwey Röhren an einanderstossen, eine noch grössere Stärke geben, als dem übrigen Theil der Rippen.

Die Zusammenfügung aller Röhren so zu machen, als die eisernen Wasserleitungsröhren, die bey Druckwerken gebraucht werden, wo jede Röhre zwey Anstossscheiben hat, ist bey so vielen Röhren, nach meiner Einsicht, nicht vortheilhaft: denn 1) verursachen die zwey Anstossscheiben einer jeden Röhre, worin Löcher sind, durch welche die Schrauben gehen, eine unnöthige Last, indem sie die Tragkraft des Bogens nicht verstärken; 2) können die die zwey Röhren zusammenhaltenden Schrauben durch die Erschütterungen der Brücke, und wenn solche auch unbedeutend sind, die aber täglich öfters wieder entstehen, locker werden, und 3) lassen sich alle Anstossscheiben nicht so dicht aneinander pressen, (wenn auch während des Setzens vom Bogen, welches nach der Ausrüstung, d. i. nach der Wegnahme des Gerüstes, statt findet, einige dieser Scheiben fest gegeneinander zu liegen kommen,) dass nicht ein kleiner Raum dazwischen entstehen sollte. Man müsste also die kleinen durch die Anstossscheiben gehenden Schrauben nachziehen, und dann entsteht dabei die Gefahr, dass der Bogen seine Form verliert. Endlich ist diese Verbindung, der vielen Schrauben wegen, sehr kostbar, und der genaue Guss der Anstossscheiben hat, nach dem Urtheil der Gussmeister, unüberwindliche Schwierigkeiten.

Ich habe daher die Vereinigung der Röhren folgendermassen eingerichtet, um allen aufgestellten Bedingungen zu entsprechen, Jede Röhre erhält da, wo sie an eine andere stösst, den Schiftungen, mit welchen ich die Curven der hölzernen Bögen verbinde, ähnliche Abschnitte, *r r* Fig. 10. 11. In dem Innern desjenigen Rohrstückes, über welches die Schiftung einer andern passt, wird ein aus Gusseisen bestehendes Rohr oder eine Hülse *R* Fig. 11., dessen Länge 30 Zoll beträgt, und dessen voller Rand 9 Linien dick ist, eingeschoben, welches ich die *innere-Hülse* nenne. Dann wird in eine andere neun Linien dicke und 24 Zoll lange *Hülse p* Fig. 7., die ich die *Aeussere-Hülse* nenne, über dieses Rohrstück des Bogens geschoben, gegen dasselbe

aber das daran stoſsende Röhrstück. Es sind daher nur zwey Röhrformen nothwendig, nämlich eine Form für die Rohrstücke der Rippen, und eine für die Hälfte der Verbindungsröhren. Von den Aeussern-Hülsen werden diejenigen an die Verbindungsröhre F angegossen, welche diese mit den Seitenbögen verbinden. In zwey Hülsen, das ist, in der Aeussern- und Innern-Hülse und in der Nähe von den Enden der Rohrstücke, befindet sich ein Loch *y* Fig. 9., wodurch die Stützschraube *x* Fig. 7. 8. u. 10. geht. Diese $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Schraube erhält oberhalb der Aeussern-Hülse *p* eine Stärke von zwey Zoll, nämlich einen Schuh hoch. Siehe Fig. 8., damit sie fest auf diese Hülse *p* aufsteht, mithin diese nicht nachgeben kann. Unterhalb der Rippe oder den Röhrstücken erhält die Schraube vier Zoll lange Schraubenwindungen, auf die eine $2\frac{1}{2}$ Zoll dicke Mutterscheibe paſst. Diejenigen kleinen einen Zoll starken Schrauben, welche nicht durch die Curven gehen, erhalten gleich oberhalb der Aeussern-Hülse oder innerhalb der *Spannringe* eine zweyte Schraubenmutter, also müssen die Löcher *r* Fig. 11. in den Röhren nur etwas gröſser als einen Zoll seyn, um diese Schrauben aufzunehmen.

Das Angieſsen der Aeussern-Hülse an das Verbindungsrohr *F* dürfte allerdings mühsam seyn, und da, wo die Guſsmeister sich diese Ausführung nicht zutrauen, muſs die Hülse in zwey Theilen gemacht werden. Die eine Hälfte werde an das Verbindungsrohr angegossen, und die andere Hälfte bestehe für sich. Beyde Hälften müssen aber zwey mit Löcher versehene Lappen erhalten, wodurch Schrauben angebracht werden, die sie zusammenziehen. Zwischen diesen Lappen oder Anstoſsscheiben laufen die Stützschrauben hindurch, folglich dürfen die Scheiben sich hier nicht berühren, wohl aber an die Stützschrauben selbst anstoſsen, um eine gröſsere Stabilität des Bauwerkes zu bewirken. Die Länge einer Scheibe wird daher nicht eilf Zoll betragen.

Da immer eine Abtheilung jeder Verbindungs-Röhre an einer obern Hülse, die die Rippe umschlieſst, angegossen wird: so entsteht eine groſse Schwierigkeit, wenn man jene lang machen muſs. Es ist daher nothwendig, dieselbe nicht von einer Rippe bis zur nächsten gehn zu lassen, wenn dieser Abstand über 5′ beträgt, sondern man kann die Verbindungs-Röhre in zwey einzelne Stücke gieſsen, und diese eben so, wie die Rippen, untereinander verbinden, welches ich zu thun anrathe. Man könnte jede Verbindungs-Röhre, die zwischen zwey Rippen kömmt, auch aus drey Theilen bestehn lassen: nämlich aus den zwey Hülsen und einem Mittelstück, jene sowohl als dieses, mit Schiftungen endigen lassen, wie dies beym Zusammensetzen der Rippen gezeigt ist.

Die Vereinigung der Diagonalrippen mit der Mittlern-Rippe wird so bewerkstelligt: Es stoſsen die Diagonalbögen im Schlusse des Bogens mit $1\frac{1}{2}$ Zoll dicken Anstoſsscheiben *e f* (Fig. 47.) die an den letzten zwey Rohrstücken angegossen sind, zusammen, so daſs von den zwey Scheiben eine an die andere stöſst. (S. Fig. 48.)

Diese zwey Scheiben der beyden Hälften der Diagonalbögen werden von den daran, nach der vordern Fläche, anpassenden zwey andern Scheiben, mit 10, achtzehn Linien dicken Schrauben, angezogen und befestigt. Jetzt mufs noch für die Vereinigung der Mittlernrippe *i* Fig. 47. mit den Diagonelbögen *g* und *h* gesorgt werden, welches so geschieht: Es wird nämlich ein volles Eisenstück *c d*, welches ich den *Schlufskeil* nenne, so gegossen, dafs es an der einen Seite mit einem in die Mittel-Röhre *i* passenden Cylinderzapfen *c* Fig. 47. 49. und 51. an der andern mit einem Keil *d* Fig. 47. und 50. endigt. Dieser Keil erhält ober- und unterhalb zwey Cylinder-Ausschnitte, welche über den Rand der Röhren von den Diagonalrippen *g* und *h* überstehen, um eine vollkommene Festigkeit des Bogenschlusses zu bewirken. Der untere Theil der oben angezeigten und so befestigten Scheiben wird in das mittlere Verbindungsrohr *F. F.* Fig. 5. eingesenkt, wozu darin sowohl als in den oben beschriebenen Hülsen eine Oeffnung für diesen untern Theil der Scheibe befindlich ist; der obere Theil von der Scheibe wird, der Quere nach, in die darüber liegende Tragschwelle eingelassen.

Auf diese Weise sind also die den Schlufs des Bogens formirenden Theile vollkommen zu einem Ganzen verbunden, und die durch die Anstofsscheiben gehenden Schrauben können, selbst bey einer starken Erschütterung der Brücke, nicht locker werden, weil sie (ausser zwey Schrauben) in die Tragschwelle oder auch in das Verbindungsrohr eingesenkt sind. Man könnte auch die Scheiben am untern Theil dergestalt umbiegen und verlängern, dafs dieser Theil um das Verbindungsrohr schliefst, und unten einen Lappen erhält, welches bey dem Bauanschlage berücksichtigt ist. Dann werden beyde Lappen oder zwey Scheiben zusammengeschraubt. Es liefsen sich auch die zwey Schlufskeile in zwey kleine zertheilen, und nach der einen Seite dieselben, in Form von runden Bändern, um die Diagonalbögen legen, und unter denselben, mittelst daran gegossener Lappen, mit Schrauben zusammenziehen. Die Ausführung lehrt jedoch bald, welche Vorrichtung bey der Verbindung zu wählen sey!

§. 178. Die von mir bey München Tab. 133. vorgeschlagene eiserne Brücke wollte ich folgendermafsen konstruiren: Sie sollte drey Bögen, jeden zu 96 Fufs Oeffnung, und zwey 6′ dicke Pfeiler haben. Da diese Brücke 40′ breit seyn soll, so würde ich sie aus fünf Bogenrippen haben bestehen lassen. Die auf Tab. 133. dargestellte Konstruction der Rippen und ihre Verbindung wäre also auch fünfmal wiederholt worden, und da, wo die drey ersten grofsen Ringe *v v* zusammen verbunden sind, würde ich Stangen oder Stäbe haben durchgehen lassen, wie dies oben §. 178. erklärt und in Fig. 1. Tab. 126. mit 9. 9^2 bezeichnet sind. Ich mufste bey diesem Entwurfe auch auf die Verbindung der drey Bögen unter einander Rücksicht nehmen, welches bey den jetzt ausgeführten eisernen Brücken nicht der Fall war, denn dieselben bestehen alle nur aus *einem einzigen Bogen*. Diese Aufgabe suchte ich fol-

gendermaſsen zu lösen. 1) Sollten die Bögen auf jeder Seite 27 Zoll in die Widerlager und Pfeiler hineingehen. 2) Sollte an jede Rippe eine 3″ dicke 3′ hohe Platte *a b* (Tab. 133) angepaſst werden, und die in die Pfeiler aneinanderstoſsenden zwey Platten sollten mit Schrauben zusammengezogen werden. 3) Würde ich die zwey kleinen Ringe *c d* und die zwey groſsen ebenfalls gegen einander überstehenden Ringe bey *e f* mit einem eisernen Stabe *a* und *f* verbinden, um die Böden desto sicherer in der lothrechten Ebene zu erhalten. 4) Der hölzerne Bogen *A. B.* stemmt sich bey *A.* und *B.* an Stützsäulen *l* an, die auf eine Schwelle *g h* gestellt sind. Durch die Rippen *A. B.* dieses Bogens, die gleichfalls fünfmal in jeder Brückenöffnung wiederholt werden, und durch die eisernen Ringe sollen 6‴ dicke Schrauben *i i* durchgezogen werden, welche zugleich durch den Schluſsbalken *k l* gehen. 6) Dieser hölzerne Bogen wird mit der durch die hölzerne Rippe und den eingemauerten Ring *o* (Tab. 133.) durchgehenden Schraube *m* abwärts gehalten, so daſs seine Spannung, folglich seine Tragkraft vermehrt wird. Der Ring *o* ist aber vermittelst der Schraube *n* mit der an die Röhrenrippe *c. D.* angegossenen Platte *c.* abwärts gehalten. 7) Damit nun zwey hölzerne gegenüberstehende Rippen, wovon eine in *A. B.* sichtbar ist, auseinder gehalten werden, so bringe ich (über jeden Pfeiler) einen eisernen drey Zoll dicken und 6″ breiten oben abgerundeten Rahmen *p q r* an, der unten an die Schwellen *h s* anstöſst, und auf dem der Schluſsbalken *k l* ruht. 8) Damit diese Brücke ein schönes Aeussere erhält, und die aus Holz bestehenden Theile gegen die Witterung und Sonne geschützt werden, so würde ich den obern Theil (an den zwey Seitenflächen der Brücke) mit dünnen Kupferplatten von *E.* nach *E.* und *E.* und das übrige von *G.* nach *H.* mit geschlagenen dünnen Eisenplatten bekleiden. Das Geländer sollte aus Guſseisen bestehn. Die Röhren zu den fünf Rippen sollten 9″ im Durchmesser groſs seyn, und eine Randdicke von 18 Linien haben. Den Ringen wollte ich die Stärke geben, wie den Ringen in Fig. *I.* (s. §. 175.) und die Verbindungsröhren sollten 6″ im Durchmesser stark seyn, und einen vollen Rand von 6 Linien bekommen.

Statt dieser eisernen Brücke ist von *Sr. Majestät dem Könige* die in der Mitte dieser 133. Kupferplatte stehende steinerne, im Bau begriffene Brücke, gewählt worden.

§. 179. Ohne Zweifel wird man den eisernen Brücken vorwerfen, daſs, da sich das Eisen, je nach der Temperatur, ausdehnt oder zusammenzieht, diese Brücken leicht schadhaft werden könnten. Ich antworte derauf: daſs diese Einwirkung der Temperatur, bey dem beständigen Luftzuge, der bey und unterhalb den Brücken statt findet und der die Wärme mäſsiget, äuſserst unbedeutend ist, wenn zu den Hauptträgern des Fahrweges, d. i. zu den Ringen und Stützschrauben, geschmiedetes Eisen, welshes nachgiebt, angewendet wird, wie ich gethan habe, und daſs die in England und Frankreich schon mehrere Jahre stehenden eisernen Brücken jeden Einwurf der Art widerlegen und alle Furcht verscheuchen. Uebrigens ist, nach den gemachten

versuchen, die gröſste Ausdehnung des Eisens, bey der gröſsten Ausdehnung nur $\frac{1}{1296}$ der Länge des Eisens. Endlich wird diese Ausdehnung durch die Verbindung des hölzernen Bogens mit dem eisernen sehr geschwächt und durchaus unschädlich gemacht.

§. 180. Die Ausführung oder Aufrichtung einer solchen Brücke wird denjenigen Ingenieurs nicht schwierig erscheinen, welche die Gerüste, deren ich mich bey der Ausführung der hölzernen Bogenbrücken bedienet habe, kennen, und ich verweise deswegen auf das vorhergehende Kapitel.

Die Rüstungen zu diesen Brücken müssen übrigens aus, mit einem 7 bis 8 Centner schweren Rammklotz eingerammten Jochpfählen bestehen, worauf (bey weiten Bögen noch ein Stuhl- Stütz- oder Strebengerüste hinzukömmt. Die aus fünf bis sieben Pfählen bestehenden Gerüstjoche mögen unter die Schiftungspunkte der einzelnen Röhren, auf 20 bis 30 Schuh Abstand, zu stehen kommen. Von diesen Jochen ab müssen, so weit die groſsen Spannringe gehen, zwey schräg zu stellende Jochpfähle (einen auf jeder Seite) bis zu den Curven hinaufreichen, damit man diese und jene über die auf der zweyten Abtheilung des Gerüstes gelegten Unterlager krümmen, aufziehen und vertical setzen könne. Von diesen Ringen müssen die zuletzt zu setzenden nicht früher zusammengeschmiedet werden, bis die übrigen gesetzt sind, damit man sie genau passend machen könne.

Die Aufrichtung oder Legung der Röhren und ihre Umgebung mit den äeuſsern Hülsen kann geschehen, wenn man die zwey Seitenrippen, *von dem Widerlager* anfängt, die zwey mittlern Röhrstücke, seitwärts über die in das eine Rohrstück eingeschobene innere Hülse gegeneinander schiebt, und dann darüber die Aeuſsere, aus zwey Theilen bestehende Hülse anlegt. Der eine Theil derjenigen äeuſsern Hülse, welche in die Mitte des Bogens kömmt, ist nämlich an die Hälfte der Verbindungsröhre gegossen, der andere Theil der äeuſsern Hülse besteht für sich. Die innere Hülse wird dann mittelst einer eisernen Spitze, durch das Loch *y* Fig. 11., so weit es nöthig ist, vorwärts geschoben. Eben so werden die Verbindungsröhren mit den Seitenrippen zugleich von den Widerlagern, nach der Mitte des Bogens gelegt und zusammengesetzt. Es kann daher die mittlere Rippe von denjenigen Brücken, die nicht Diagonalrippen haben, auch so zusammengesetzt werden; aber nicht diese letztern, welche beym Schlusse so verbunden werden, wie es oben beschrieben wurde. Es ist nämlich unausführbar, die Schluſskeile in die mittlere Röhren, d. i. in die mittlere Rippe hineinzubringen, wenn man diese von den Widerlagern gegen die Mitte zu aufrichten wollte; es muſs daher, nachdem die Seitenrippen und Verbindungsröhren gelegt sind, die eine Hälfte der Diagonalrippen und der mittlern Rippe, von dem Widerlager an gegen die Mitte der Brücke zu, gelegt werden, dann aber die andere Hälfte von der Mitte der Brücke ab, dem Widerlager zu. Daſs die Schluſskeile zugleich gesetzt werden müssen, versteht sich von selbst.

§. 181. Nachdem ich die von mir entworfene Construction der eisernen Brücken beschrieben, auch in den davon gelieferten Zeichnungen; die Fundationen angegeben habe, wird die Berechnung der Eisenmasse und Kosten nicht überflüssig seyn, weil ich dadurch die mäſsigen Ausgaben, welche sie erfordert, zu beweisen hoffe. Ich will dieselbe von dem auf Tab. 126. in Fig. 1, 2, 3 dargestellten groſsen Bogen von 306 Schuh Oeffnung erläutern, weil dieselbe aus mehr unter sich verschiedenen Theilen, als die übrigen zwey, zusammengesetzt wird.

1) Giebt der Queerschnitt einer Seitenrippe Fig. 3. einen Ring, der zum Durchmesser neun Zoll, und zur Randdicke $1\frac{1}{2}$ Zoll hat. Der Quadratinhalt dieses Ringes als Basis eines Seitenbogens, wird nach der Formel: $(d - m)\, m.\, \pi$, worin d den Durchmesser, m die Dicke des vollen Randes und π die Ludolfine bedeutet, berechnet *). Die Länge des Bogens, dessen Sehne dreyhundert sechs Fuſs, und dessen Höhe dreyſsig Fuſs ist, wird auf folgende Weise erhalten. Man gedenke sich in der Mitte aller Röhren des Bogens, nach seiner ganzen Länge, die sogenannte Axenlinie gezogen. Diese halte n Grade, und ihr Radius sey $= R'$; so ist die Länge dieser mittlern Linie $= \frac{2\, R'.\, n.\, \pi.}{360}$ In diesem Ausdruck sind aber R' und n noch unbekannt, daher noch zu bestimmen. Zieht man die Sehne s dieser Linie, welche 306 Fuſs lang, und aus der Mitte dieser Sehne bis zur Axenlinie den Perpendikel P, welcher 30 Schuh + dem halben Durchmesser der Bogenröhre = 30 Schuh + $\frac{1}{2}$. 9 Zoll = 30, 4 Schuh ist; so finget man den Radius R', mittelst des Pythagoräischen Satzes, $= \sqrt{\left(\frac{s}{2}\right)^2 + (R' - P)^2} = \frac{\frac{s^2}{4} + P^2}{2\, P} = 400$ Schuh. Die Grade n giebt die trigonometrische Proportion: $\sin \frac{n}{2} : \frac{s}{2} = 1 : R'$ zu 45° an. Da nun R' und n bekannt, so findet sich die Länge der Axenlinie $= \frac{2\, R'.\, n.\, \pi}{300}$ von selbst. Hiezu addire man noch die in den Widerlagern zu $7\frac{1}{2}$ Schuh eingeschlossenen Stücke, so hat man die ganze Länge eines Seitenbogens. Multiplicirt man diese Länge mit dem oben gefundenen Queerdurchschnitt als Basis, so erhält man den Cubik-Inhalt dieses einen Seitenbogens, und, diesen Inhalt zweymal genommen, den der beyden Seitenbögen. 2) Ein gleiches Verfahren findet für die mittlere Rippe statt. Nur hat man dabey den Umstand nicht zu vergessen, daſs dieser Bogen auf die Verbindungsröhren, deren Axen die Axenlinie der Seitenbögen durchkreutzen, zu liegen kömmt; für P also 30, 4 Schuh + dem halben Durchmesser der Verbindungsröhren + dem halben Durchmesser des Mittelbogens zu setzen, und hiernach R' und n zu verändern; daſs

*) Auch nach der Formel: $(d^2 - d^{2\prime})\, \frac{\pi}{4}$, worin d' der kleinere Durchmesser im Lichten ist, findet man den nämlichen Quadratinhalt.

ferner von der ganzen Länge des Mittelbogens noch sechs Schuh abzuziehen sind, da derselbe im Schlusse an besondere Schlufskeile sich anschliefst. 3) Die Berechnung einer Diagonalrippe geschieht so: der Quadratinhalt des Queerdurchschnitts findet sich nach der schon angegebenen Formel; die Länge wird erhalten, wenn man durch die Sehne der Axenlinie deren Radius und Grade zu bestimmen sucht. Da aber diese Sehne nicht so unmittelbar, wie bey den vorhergehenden Rippen, gegeben ist; so hat man dieselbe erst aus der gröfsten Queer-Entfernung der Axenlinie der beyden Diagonalrippen, und aus der Sehne der einen Seitenrippe, mit Inbegriff der zwey in den Widerlagern zu $7\frac{1}{2}$ Schuh Länge eingeschlossenen Stücke, mit Hülfe des Pythagoräischen Theorems, abzuleiten. Die übrige für die Seitenrippen angegebene Berechnungs-Art ist auch für die Diagonalrippen anzuwenden. 4) Die Berechnung der Verbindungsröhren ist nach dem Vorausgeschickten von selbst einleuchtend, so wie diejenige der verschiedenen Hülsen und der Spann- oder Tragringe. 5) Die Schrauben werden als Cylinder nach der Formel $\frac{d^2 . \pi .}{4} L$, worin d den Durchmesser π die Ludolfine und L die Höhe der Schrauben bedeutet, behandelt. 6) Der cubische Inhalt der Schlufskeile ergiebt sich, wenn man von dem Cubik-Inhalt desjenigen abgestutzten massiv gedachten Keiles, welcher entsteht, wenn man drey Schuh von der Mitte der Diagonalrippen, durch ihre Axenlinie bis zur Mitte verticale gegeneinander geneigte Flächen, und diese oben und unten mit zwey andern, neun Zoll, oder um den Durchmesser der Diagonalrippen von einander gleichweit entfernten, horizontalen Flächen geschlossen, sich denkt, den Cubik-Inhalt, der beyden Diagonalstücke, als massiv verschobene halbe Cylinder abzieht, welche zur Hälfte innerhalb des oben erwähnten abgestutzten Keiles sich befinden, und zuletzt die resultirende Differenz mit zwey multiplicirt; da auf beyden Seiten des Schlusses so ein doppeltconcaver Schlufs- oder Zwischenkörper angenommen wird. Die an die Schlufskeile angegossene zwey, einen halben Schuh lange, Anschlufszapfen c für die mittlern Rippen werden nach der für Schrauben angeführten Cylinder-Formel berechnet. Dieses ist das Wesentliche von der Art und Weise, wie der Cubik-Inhalt der verschiedenen Brückentheile gefunden wird.

Nach diesen Daten beträgt das Gufseisen zu der in Fig. 1. Tab. 126. dargestellten Brücke $488\frac{3}{10}$ Cubikschuh baierisch, und das geschmiedete Eisen $118\frac{6}{10}$ Cub. Schuh; der Kostenanschlag beläuft sich für den ganzen Bau dieser Brücke auf 79206 Gulden *). Zu der in §. 170. beschriebenen aus einem 120 Fufs weiten Bogen bestehenden Brücke sind 183,42 Cubik-Fufs Gufseisen, und 23,28 Cubik-Schuh Schmiede-Eisen erforderlich.

*) In meinen Beyträgen zur Brückenbaukunde 4. Heft 1812, habe ich die Berechnung des Eisens (S. 28. und 29) speziell ausgeworfen.

§. 182. Bevor ich die Festigkeit dieser meiner Construction näher erörtere, will ich die über den Widerstand des Eisens angestellten Versuche mittheilen; im Grofsen angestellt, sind sie nicht nur kostbar, sondern nehmen auch viel Zeit weg, ich konnte daher nicht viele anstellen. Indessen begründen die bewerkstelligten: dafs die bey dieser Construction angeordneten Röhren die erforderliche Tragkraft ausüben. Der erste Versuch wurde von mir am 3. Februar 1812 in Gegenwart vieler achtungswerther Personen *), bey 5 Grad Reaumur unter Null, angestellt. Zu diesem Versuche war ein den Glockenstühlen ähnliches Traggerüst gemacht worden. Die zu zerbrechende Röhre wurde über die zwey Abtheilungen des Gerüstes, auf ein Unterlager von Eisen, gelegt. Um dieselbe war eine eiserne Kette, deren Glieder 1¾ Zoll dick und im Innern 10″ lang waren, dergestalt geschlungen, dafs sie die Röhre auf vier Punkten berührte, folglich dieselbe fast wie ein Ring umgab. Diese 536 Pfund schwere Kette ward über ein frey oberhalb den Erdboden gehaltenes rundes Stück Eichenholz geschlungen, worauf die aus eichenen Balken bestehende Waagschaale ruhte; diese aber wurde vor dem Versuche unterstützt, und mit soviel grofsen Werkstücken belastet, als man dafür hielt, dafs dieselben das Brechen der Röhre nicht bewirken würden. Jetzt wurde das Unterlager, worauf die Waagschaale ruhte, indem man, mittelst Zugwinden, dieselbe in die Höhe hob, weggenommen. Auf diese Waagschaale wurden so viele Werkstücke, eiserne Röhren und ein eiserner Rammklotz gebracht (ja man liefs auf alles dieses noch Zimmerleute treten) bis die Röhre mit einer Belastung von 369 Zentner 11 Pfund zerbrach. Die beym ersten Versuche gebrauchte Röhre war 5 Schuh 11 Zoll 6 Linien lang; ihr mittlerer äufserer Durchmesser betrug 16 Linien, die mittlere Dicke des vollen Randes 14 Linien, nämlich daselbst, wo sie zerbrochen ist; an beyden Enden betrug dieselbe 17 Linien, folglich ist die mittlere Dicke des vollen Randes 15½ Linien. Die Röhre selbst lag auf ihren Anstofsscheiben, denn es war eine Wasserleitungsröhre, die an eine andere, vermittelst einer Scheibe, wodurch vier Löcher zu Schrauben gehen, angeschraubt wird. Der cubische Inhalt ihres vollen Randes war 1,895 Cubik-Schuh; das Gewicht 538 Pfund. Es mufs hier angemerkt werden, dafs sie aus keinem guten Gufseisen bestand, und der Bruch eine poröse Stelle traf, welche noch dazu in der untern Hälfte der Bruchfläche statt fand, deren Widerstand sich zum Widerstand der obern Hälfte in diesem Fall wie 8 : 1 verhalten hätte, wenn die Eisentheile der Bruchfläche durchaus von gleicher Beschaffenheit gewesen wären. Dafs diese Röhre von schlechtem Gufseisen war, beweiset schon die geringe Schwere des Cubikschuh - Eisens; so wog z. B. der Cubik - Schuh in einem eisernen Rammklotze 306, in einem eisernen Cylinder 322,95, und bey dieser Röhre nur 285 Pfund.

*) Nach des Schiffsbaumeisters *Quentin* zu *Stettin* in Pommern, 1789, angestellten Versuchen, zerbrach eine 18″ lange, 4 Linien dicke Kette, deren Glieder im Innern 8 Linien lang waren, bey einer Spannung von 10160 Berliner Pfund.

Der zweyte Versuch wurde am 24. Februar mit einem ähnlichen Rohr gemacht, dessen Länge 16 Zoll 3 Linien, und dessen grofser Durchmesser im Mittel 7 Zoll 3 Linien beträgt. Die mittlere Dicke des vollen Randes war 9 Linien. Bey diesem Versuche wurden die beyden Anstofsscheiben, welche auf einer eisernen Platte lagen, an jeder Seite mit einer Kette umschlungen, die man an das Traggerüst befestigte. Diese Kette war jedoch nicht so fest anzuziehen, dafs nicht eine stärkere Spannung zu wünschen übrig blieb, um den Versuch selbst mit der Construction der Brücken analoger zu machen. Da aber das gegossene Eisen von einer unmerklichen Elasticität ist, so ist es erklärbar, warum im Moment des erfolgten Bruches ein Aufsteigen der beyden Röhrenden nicht bemerkt wurde. Diese aus gutem Gufseisen, wovon der Cubik-Schuh 320 Pfund wog, bestehende Röhre brach bey einer Beschwerung von 334⅓ Zentner; der Bruch verursachte einen dumpfen Knall. Sie wog, nach Abzug der zwey Anstofsscheiben, 172 Pfund und enthielt ohne diese 0,541 Cubik-Schuh. Auch mit gut geschmiedetem Stabeisen, wovon der Cubik-Schuh 335 Pfund wog, wurde ein Versuch gemacht: der sechs Schuh lange, siebenzehn Linien dicke und fünf Zoll hohe Stab fing mit einer Last von 130 Centnern an, sich zu biegen; bey der Beschwerung von 158 Centnern betrug die Biegung bereits drey Zoll; bey 170 Ceetnern erhielt er einen kleinen Bruch. Jetzt bog sich derselbe mit noch gröfserer Belastung so weit herunter, dafs seine beyden Enden von dem Unterlager absprangen. Daraus, dafs sich dieser fünf Zoll hohe Stab mit der geringen Belastung von 130 Centnern bereits bog, geht hervor, dafs man sich des geschmiedeten Eisens, zu den grofsen Bögen der Brücken, nicht mit Vortheil bedienen darf folglich auch nicht der geschmiedeten Platten.

Es sollte nun noch mit einem aus Gufseisen bestehenden Cylinder, dessen Länge der Länge des grofsen Versuchrohrs, und dessen kubischer Inhalt dem eben dieses Rohrs gleich wäre, angestellt werden; aber dieser Stab war, als er ankam, zu grofs, und konnte daher nicht zum Versuch dienen, um mit dem der Röhren verglichen zu werden.

Ich will hier nun auch einige von Andern gemachte Versuche anführen. 1) Der Ingenieur *Aubry* in seinen Memoires sur différentes questions de la science des constructions publiques etc. führt an, dafs eine 10′ lange 1″ im Quadrat starke 36 Pfund schwere geschmiedete Stange sich unter ihrer eigenen Last 4 Linien bog; 8 Linien mit 36 Pfund, und 18‴ mit 144 Pfund Beschwerung. 2) Eine gleich lange und gleich oberhalb so breite Stange bog sich unter 18 Pfund Belastung, 6 Zoll. 3) Eine doppelt so lange und eben so starke Stange als die erste, bog sich bereits unter ihrer eigenen Last 6 Zoll. Schon diese Versuche beweisen die geringe Tragkraft des geschmiedeten Eisens, wenn es in Stangen angebracht wird. 4) Der Schiffsbaudirektor *Quantin* zu *Stettin* hat über das Zerreifsen des geschmiedeten Eisens interessante Versuche angestellt. Eine 18 rheinländische Zoll lange und 6 Linien im

Quadrat starke Stange zerriſs durch eine Kraft von 21160 Pfund; eine andere gleich lange und gleich starke durch 17560 Pfund. Diese über die absolute Festigkeit des geschmiedeten Eisens angestellten Versuche zeigen uns: daſs diejenige Festigkeit, womit das Eisen dem Zerreiſsen widersteht, gar nicht mit der relativen, womit das Eisen einer drückenden Last widersteht, verglichen werden könne, und daſs derjenige, welcher aus dieser relativen Festigkeit des geschmiedeten Eisens auf die Tragkraft derer aus Eisen gegossenen Röhren schlieſsen, und hiernach eine Berechnung anstellen wollte, sehr unrichtige Begriffe haben müsse. Man kann ja auch schon deſswegen diese relative Festigkeit des geschmiedeten Eisens der relativen Festigkeit des Guſseisens nicht gleich achten oder nur vergleichen; weil jenes aus *Fasern*, dieses aber aus *Körnern* zusammengesetzt ist, daher eher als jenes bricht, und nicht so biegsam ist.

§. 183. Indem die von mir über den Widerstand der eisernen Röhren angestellten Versuche beweisen, daſs sie einer groſsen Last widerstehen, so will ich jetzt die Stärke der zwey in Fig. 1. bis 12. Tab. 126. dargestellten Brücken betrachten. Soll eine über solche Bogenbrücke gehende Last dieselbe brechen, so wird dies, nach meiner Erfahrung, alsdann erfolgen, wenn dieselbe in der Nähe des siebenten Theils der in 8 gleiche Theile abgetheilten Bogenlänge sich befindet. Die nähere Bestimmung dieses schwächsten Theiles hängt von der Anordnung der Tragpunkte oder Tragstützen ab, weil allemal der Bruch in der Nähe eines Tragpunktes erfolgen muſs. Die Beobachtungen bey einigen hölzernen Bogenbrücken haben nämlich bewiesen, daſs, wenn man den Bogen in acht gleiche Theile theilt, die Curven in der Nähe des siebenten Theils (dem Widerlager zu) von groſsen Lasten zum stärksten gedrückt werden, oder diese Curven hier sich etwas biegen, wenn eben diese Lasten auf den übrigen Theil des Bogens auch nicht die geringte Eindrückung ausgeübt haben.

Soll der Bogen aber so lange belastet werden, bis er ganz bricht, so wird sich derselbe zuerst im beschwerten Punkte abwärts drücken und auf der andern Seite aufsteigen. Um die Gröſse der Last, welche einen so deformirten Bogen zum Brechen bringen kann, für die Brücken Fig. 1. u. 12. Tab. 126. auszumitteln, mag man sich folgender Methode bedienen. Gesetzt, die Last habe das linkseitige Widerlager verlassen, und sey bis oberhalb n Fig. 12., als dem schwächsten Punkt des Bogens vorgerückt; so stelle man sich den Bogen von dem verlassenen Widerlager an bis zum höchsten Steigungspunkt, welcher beinahe in die Mitte des Bogens von n bis zu seinem Ende am rechtseitigen Widerlager fällt, als einen gradlinigen Hebel vor, dessen Stützpunkte das verlassene Widerlager und der angegebene höchste Steigungspunkt sind. Die Last L., welche in n, den sechsten Theil des Bogens *), hier beinahe 20 Fuſs in horizontaler

*) Weil im sechsten Theil ein Tragpunkt liegt, so muſste auf diesen beyder Berechnung Rücksicht genommen werden, und es konnte nicht der siebente Theil gewählt werden.

Entfernung vom linkseitigen Widerlager ab, zu setzen kömmt, und an diesem Ort den Hebel zu zerknicken strebt, wird so bestimmt: man löse den lothrechten Druck der Last L. in n, in zwey andere Gröſsen auf; die Richtung der einen gehe nach dem Anfang des Bogens, und die der andern nach dem Mittelpunkt des Bogens, so wird die letztere Gröſse R. in der Richtung det Radius 0,949 L. seyn. Die Sehne des Bogens vom linkseitigen Widerlager bis zum höchsten Steigungspunkt, auf welche die Gröſse R. perpendikular wirkt, ist 70′, der eine kürzere Hebelsarm vom linkseitigen Widerlager bis n, beinahe 20 Fuſs, und der andere 50′, mithin wird, da 20 . 0,949 L. = 70. x, der Druck und Gegendruck x des Stützpunktes am Steigungspunkt $\frac{20}{70}$. 0,949 L.; der Druck und Gegendruck y des Stützpunktes am linkseitigen Widerlager aber, da 50 . 0,949 L. = 70. y, $\frac{50}{70}$. 0, 949 L. seyn. Folglich wird der Hebel in n von dem Moment $\frac{20}{70}$. 0,949 L. 50 = $\frac{50}{70}$. 0,949 L. 20 = 13,286 L. zum Brechen affizirt. Da der Widerstand jeder der zwey Seitenrippen, welche aus Röhren bestehen, wie sie zu dem ersten der beschriebenen Versuche genommen wurden, $\frac{362}{2}$ Zentner $\frac{6}{2}$ Schuh = 554 ist: aber 554 = 13,286 L. gesetzt werden muſs, so ist L. =41,7 Zentner. Die feste Verbindung der beiden Endpunkte des Hebels mit dessen Stützpunkten (*Hypomochlions*) läſst keinen Bruch in n zu, ohne daſs der Hebel an seinen beyden Enden zugleich bricht, daher muſs, da diese Brücke an den beyden Enden (nach den Regeln der Statik) eine eben so groſse Last wie L. erfordern, L. doppelt so groſs genommen werden. Eine Seitenrippe wird mithin 83,4 Zentner, und die beyden Seitenrippen zusammen 83,4 . 2 = 166,8 Zentner zum Minimum ihres Tragvermögens haben. Der Widerstand der Mittlernrippe, welche aus Röhren, wie ich sie beym zweyten Versuche gebrauchte, bestehet, ist $\frac{334}{2}$ Zentner $\frac{6}{2}$ Schuh = 501, also ist L'. = 37,7 Zentner, welche, aus dem vorhin angeführten statischen Grunde doppelt genommen, 75,4 Zentner geben. Die neun Brüche der drey Rippen erfordern mithin 166,8 + 75,4 = 242,2 Zentner. Ausser den drey berechneten Brüchen einer jeden Rippe wird aber noch ein Bruch, nämlich am Ende des Bogens beym rechtseitigen Widerlager, statt finden. Dieser Bruch steht mit demjenigen des sogenannten Steigungspunkts im nächsten Zusammenhange; der eine kann ohne den andern nieht erfolgen. Dieser vierte Bruch erfordert eine eigene Last, mit der die oben berechneten 242,2 Zeutner vermehrt werden müssen; welche gefunden wird, indem man den senkrechten Druck dieser Last z in n, in zwey Flemente x y zerfällt, von welchen des einen Elementes Richtung nach dem Anfangspunkt des Bogens am linkseitigen Widerlager, und des andern Elementes Richtung nach dem genannten höchsten Steigungspunkt geht. Von dem Endpunkt des Bogens ziehe man gegen die letztere Richtung des einen Druckelementes y einen Perpendikel, so wird dieser der Hebelsarm seyn, an dem y den Bogen, bey seinem Ende, zu zerbrechen strebt. Bildet man, nach der gegebenen Vorschrift, das soge-

nannte Kräften-Parallelogramm: so wird, da der ganze Bogen 45 Grad, von seinem Anfang bis n beynahe $7\frac{1}{2}$ Grad, und von n bis zu seinem höchsten Steigungspunkt $\frac{45 - 7\frac{1}{2}}{2} = 18\frac{3}{4}$ Grade, der dem Element y entgegengesetzte Winkel $71\frac{1}{4}$,° und der dem senkrechten Druck z entgegengesetzte Winkel, $13\frac{1}{8}$ Grad ausmachen. Da *sinus* $71\frac{1}{4}$: *sinus* $13\frac{1}{8} = y : z$, so ist $y = 4,1\ z$. Der diesem Element des Druckes z zugehörige Hebelsarm verhält sich zu der Sehne des Bogentheiles von n bis zum Ende des ganzen Bogens, wie der *sinus* seines gegenüberliegenden Winkels zum *sinus* des der Sehne entgegengesetzten Winkels. Nun beträgt der erste Winkel $\frac{18\frac{3}{4}}{2} = 9\frac{3}{8}$ Grad und der letztere 90°. Die Sehne des Bogentheils, dessen Radius 155,75 Fuſs, ist $= 2 \cdot 155,75 \cdot$ *sinus* $18\frac{3}{4} = 100$ Schuh, folglich ist der Hebelsarm $= 100 \cdot$ *sinus* $9\frac{3}{8} = 16,3$ Schuh; und $y \cdot 16,3 = 4,1\ z \cdot 16,3 = 66,8\ z$ ist das Moment, mit dem z in n den Bogen an seinem Endpunkt zu brechen sucht. Der Widerstand der einen Seitenrippe an dieser Stelle ist aber = 554; also, $66,8\ z = 554$ gesetzt, wird $z = 8,3$ Zentner; die Last für beyde Seitenrippen = 16,6; und für die Mittlere-Rippe, deren Widerstand = 501 ist, 7,5, also die Last für die drey Rippen 16,6 + 7,5 = 24 Zentner seyn. Addirt man diese Gröſse zu den schon gefundenen 242,2 Zentner, so kommen 266 Zentner. Diese Last wäre also nach der Berechnung das Minimum des Tragvermögens vom ganzen Bogen.

Praktisch muſs aber erwogen werden, daſs die gröſste Last, welche über diese 120 Schuh lange Brücke paſsiren kann, in dem Fall statt findet, wenn zwey zwölfspännige beladene Frachtwagen, deren jeder mit seiner Bespannung zu 80 Schuh Länge angenommen werden darf, (hier aber, weil die Hälfte der Brücke 60 Schuh ist, nur zu 60 Schuh angenommen wird,) auf der einen Hälfte der Brücke sich begegnen. Den Frachtwagen mit seiner Bespannung auf 360 Zentner angeschlagen, so wird diese Last höchstens 660 Zentner betragen. Diese drückt aber den Bogen nicht auf n oder einen andern Punkt allein, sondern auf die eilf Tragpunkte einer jeden Rippe des Bogens, und zwar nach einer abnehmenden Progression, auf die von der Last entfernteren weniger, als auf die nähern; ferner auch auf die zwey Widerlager, indem sie auf der Curvenlage $e\ f$ unmittelbar aufliegt; und da der vertikale Druck, den sie auf dieselben ausübt, vermittelst der eisernen Kreutzstreben und der Curvenlage sich in einem Seitendruck gegen die Widerlager theilt, so drückt sie zugleich auf die Widerlager selbst. Dieser Seitendruck und der vertikale Druck auf die drey Rippen des Bogens $b\ c\ d$ Fig. 13 findet jedoch nur alsdann statt, wenn die Last so groſs ist, daſs sich die Curvenlage $e\ f$ biegt, da der Fahrweg auf den zwischen den Curven eingeschlossenen Tragschwellen $k\ k\ k$ Fig. 12. aufliegt. Nach meinen Versuchen biegt sich aber ein so gekrümmter Balken von einem Schuh im Viereck und 57 Schuh Länge (in der Mitte mit 17 Zentner beschwert) um 9 Linien. Nun sind es aber drey Curvenlagen, deren jede zwey Curven übereinander hat. Da der Wi-

derstand nach dem Quadrat der Höhe wächst, und eine Last, welche über die Brücke sich bewegt, nicht lange auf einer und derselben Stelle der Curven liegt, so wird man zugeben, dafs diese Last nicht ihre Biegung in dem Grade hervorbringen könne, als bey den Versuchen, wo die Last lange auf den gekrümmten Balken ruhte, daher die drey Curvenlagen in dem sechsten Theil des Bogens, wo der schwächste Punkt der Brücke fällt, 30 Zentner tragen können, ohne sich sichtbar zu biegen. Auch tragen, wie ich bereits vorne bemerkte, die Strafsenträger und das Geländer, wegen der Steigung der erstern, wodurch sie flache Bögen formiren, vieles zur Vermehrung des Widerstandes bey.

Abstrahirt man aber von allen diesen Umständen, welche dem Tragvermögen des Bogens zu Hülfe kommen, und auch davon: dafs das Aufsteigen des Bogens, welches bey Berechnung des Einsturzes der Brücke angenommen wurde, durch die Gegenwirkung des schweren Fahrbetts, mittelst der zwischen diesem und dem Bogen stehenden Tragstützen, erschwert ist; und nimmt man von den eilf Tragpunkten des Bogens nur acht an, worauf sich die ganze Last (nämlich 660 Zentner) vertheilt; so treffen auf einen dieser Punkte nur 82,5 Zentner. Da der Bogen in *n*, als in dem schwächsten Punkte, einer Last von 266 Zentner widersteht, so wird man eingestehen, dafs die Brücke hinreichendes Tragvermögen habe.

§. 184. Bey der Berechnung des Tragvermögens der grofsen 306 Schuh weiten Brücke Fig. 1. Tab. 126. ist anzunehmen: dafs eine Last oberhalb dem schwächsten Theil des Bogens, das ist hier zwischen den Spannringen *L.* und *M.*, in einer Entfernung von 45 Schuh, vom linkseitigen Widerlager ab, sich befindet. Wenn man also die bey der kleinern Brücke gemachte Betrachtung auch hier aufstellt, so ergiebt sich für das Minimum des Tragvermögens des Bogens, dessen beyde Seitenrippen aus Röhren von 554 Zentner, dessen Mittelrippen und zwey Diagonalrippen aber aus Röhren von 501 Zentner Widerstand bestehen, eine Last von 178 Zentner. Nun vertheilt sich aber der Druck einer Last, welche über die Brücke pafsirt, nicht auf irgend einen Punkt des Bogens allein, wie dies, und zwar für den schwächsten Punkt bey dem Minimum des Tragvermögens, zu 178 Zentner angenommen worden ist. So kann z. B. ein das linkseitige Widerlager der Brücke Fig. 1. verlassender Frachtwagen nicht eher auf den obern Theil *b* Fig. 1. der drey über die drey Rippen *b c d* Fig. 3. gestellten Ringe *k* Fig. 1. drücken, bis sich nicht die darauf liegenden hölzernen Curven biegen, deren Widerstand an dieser Stelle, da sie an ihrem Ende mittelst einer durch den in dem Widerlager eingemauerten Ring gehenden Schraube, deren oberes Ende in der Zeichnung Fig. 2. vergessen, aber in Fig. 3. angedeutet ist, herunter gehalten werden, nach dem vorigen §. wenigstens für die drey zwiefachen Curvenlagen oder der Mittlernrippe und den zwey Seitenrippen, man zu 60 Zentner annehmen kann. Aeussert sich der Druck von der Last auf der Oberfläche der drey Spannringe *k*, und biegt sie den obern Theil, so müssen sich des Ringes zwey Seiten auszudrücken streben,

folglich wird die eine Seite dieser Ringe an das Widerlager des Bogens fester angedrückt, und die entgegengesetzte Seite Q^2 drückt gegen die Spannringe *I*. Ferner geht der Druck eines Spannringes *k* in seiner untern Hälfte, folglich auch auf seine zwey kleinern Ringe und auf zwey Punkte des Bogens, die von diesen zwey kleinern Ringen und dem großen Spannringe selbst berührt werden, über. Wird endlich ein Spannring *I*. bey dem Punkte, worin er von dem Spannringe *k* berührt wird, gedrückt, so geht der obere Theil desselben gegen die Curvenlage und den kleinern Ring aufwärts; der untere Theil aber auf den untern kleinern Ring und auf den Bogen selbst abwärts. Auf diese Weise vertheilt sich der Druck einer das Widerlager verlassenden Last nicht nur allein auf das Widerlager, sondern auch auf vier Punkte der mittlern Rippe und der zwey Seitenrippen. Diese Vertheilung der Last wirkt aber noch weiter auf die Spannringe *L. M.* und auf die zwey darunter liegenden kleinern Ringe, folglich noch auf vier andere Punkte. Man sieht daher die Wichtigkeit dieser Spannringe, indem der oben aufgestellte Satz, daß man die Tragpunkte so viel möglich vermehren müsse, erfüllt ist. Die Last wird auf jeder Seitenrippe und der Mittlern-Rippe auf die unterhalb den untern neun Ringen liegenden Punkten, und auf drey Punkte des Widerlagers, folglich auf drey und dreyßig Punkte vertheilt. Je kürzer daher die Brücke bey der nämlichen Anzahl der Tragpunkte, je länger das Fuhrwerk ist, und jemehr die Last dem Mittel des Bogens sich nähert, auf desto mehr Tragpunkte wird demnach eben diese Last vertheilt. Sind die Vorder- und Hinterräder des Lastwagens gleich weit von der Mitte entfernt, so wird der Druck von dieser Last auf 182 Punkte der zwey Seitenrippen, der Mittlernrippe und der zwey Diagonalrippen sich ausdehnen, weil in denjenigen Feldern, die von Stützschrauben gebildet sind, auch durch die Diagonalrippen bis zu den hölzernen Curven, solche Stützschrauben gehen. Daß die Last, womit man die Brücke beschwert, auf diese verschiedenen Punkte vertheilt wird, geht auch schon daraus hervor: weil dieselbe entweder über das Fahrbett hin in Bewegung ist, oder darauf ruht, und dieses Fahrbett auf die Straßenträger Fig. 4 liegt, welche auf Tragschwellen ruhen, die zunächst von den Spannringen, den Stützschrauben und endlich von den Rippen des Bogens selbst getragen werden. Es ist daher unmöglich, daß eine die Brücke passirende Last bloß auf einen Schnitt der verschiedenen Rippen eines Bogens drücke, sondern ihr Druck muß sich auf mehrere Tragpunkte des Bogens vertheilen. Nach welcher Progression diese Vertheilung aber, je nach der Entfernung der Last, abnimmt, läßt sich durch Rechnung nicht bestimmen, insbesondere, weil dabey die Spannung des Bogens, die Bewegung der Last, die Fibration, die Steifigkeit und Tragkraft der einzelnen Theile der Brücke, und der Druck gegen die Widerlager einwirkt.

Die größte Last, welche die Brücke Fig. *I*. Tab. 126. auszuhalten hat, ist, wenn auf ihrer einen Hälfte zwey zwölfspännige Frachtwägen, deren jeder (die Bespannung mit eingeschlossen) 330 Zentner schwer, und 80 Schuh lang angenommen

wird, hintereinander auf zwey andern in Bewegung seyenden Frachtwägen, sich begegnen; ihre sämmtliche Schwere beträgt also 1320 Zentner. Abstrahirt man von der Vertheilung des Druckes auf die Widerlager, mittelst der hölzernen Curven und Spannringe, von dem Tragvermögen der hölzernen Curven zu 30 Zentner im schwächsten Punkte, so wie von dem Widerstand des Fahrbettes gegen das zerstörende Aufsteigen des Bogens, und setzt man, daſs diese Last von 1320 Zentner nur auf 21 Tragpunhte sich vertheilt, so trift von der ganzen Belastung auf einen dieser Tragpunkte nur 63 Zentner, da doch der schwächste Punkt (nach der Berechnuug) einer Last von 178 Zentner zu widerstehen vermag.

§. 185. Was nun das Tragvermögen der bey München vorgeschlagenen eisernen Brücke s. Tab. 133. (§. 178.) anbetrift, so ist dasselbe weit gröſser, als dasjenige dieser zwey Brücken, weil ich dabey fünf Rippen angenommen habe, und jeder ihrer Bögen nur 96 Schuh weit ist.

§. 186. Der aufmerksame Leser wird ohne Zweifel bemerken, daſs ich bey der obigen über das Tragvermögen solcher Brücken angestellten Berechnung weder auf die Mitwirkung des dabey angebrachten hölzeren Bogens (der Curvenlage), die sehr bedeutend ist, noch auf den Widerstand der Windruthen und Straſsenträger, Rücksicht genommen habe, mithin diese Brücken weit mehr leisten müssen, als ich gefunden habe. Dies beweiſst auch die Tragkraft eines Modells, welches ich, auf meine Kosten, von dem geschickten Guſsmeister in Augsburg, *H. Reiser*, habe machen lassen, und das ich noch besitze. Dessen Bogenweite, zwischen den Endepunkten des Bogens, beträgt 13′ 9″, und die Bogenhöhe 13 Zoll. Es besteht aus drey Röhrenrippen und 15 Verbindungsröhren. Der erstern ihr Durchmesser ist 16, der letztere 12 Linien. Die Randdicke von jener beträgt zwey Linien, von diesen 1½ Linien. Dieses Modell ist 3′ 0″ 8‴ breit. Oberhalb den aus eisernen Röhren zusammengesetzten drey Rippen liegen drey hölzerne aus zwey Curven bestehende flache Bögen (über jeder Röhrenrippe einer) von drey Zoll stärke. Zwischen den zwey Curven ist (über jedes Verbindungsrohr) eine Tragschwelle eingelassen, und auf diesen Schwellen liegen die sechs Straſsenträger. In den vier ersten Feldern der drey Röhrenrippen sind Spannringe von 6 bis 7‴ Dicke und 3‴ stärke eingespannt; die Vertikalstützen sind 4 à 8 Linien; die Kreutzstreben 2½ à 4 Linien stark*). Es verhält sich also dieses Modell (dem Längenmaaſs nach) zu einer wirklichen Brücke beyläufig wie 1 zu 9, die Röhren sind jedoch etwas gröſser gegossen worden. Da ihr Durchmesser 16‴ und ihre Randdicke 2‴ beträgt, so ist der Querschnitt 0,0042 Quadratschuh; und da die Bogenrippen aus 9″ dicken Röhren, deren Randdicke 18‴ beträgt, bey der Ausführung bestehen sollen: so verhält sich der Querschnitt der Röhrenrippe des Modells zu dem einer Brücke wie 1 zu 57; und in so fern das Modell $\frac{1}{9}$ der wahren Länge hat, so verhält sich dessen tragende Eisenmasse zur Eisenmasse einer Brücke wie $1 : 57 \cdot 9 = 1$ zu 513. Die drey Bo-

*) Diese Streben sind in Fig. 2. und 12. Tab. 126. angegeben.

genrippen-Röhren betragen mit ihren Hülsen 0,3190 Kubikschuh, und wiegen 102 Pfund: Dieses sind aber die eigentlichen Theile der Brücke, welche die Lasten tragen.

Mit diesem äusserst genau gegossenen und ausgeführten Modell, welches ein eisernes Geländer, an dessen Enden vier aus Eisen gegossene Löwen auf Postamente liegend, hat, wurde am 24. November 1812 in Augsburg von Herrn Reiser, in Gegenwart mehrerer Personen, ein Versuch gemacht; man belastete es mit 30 Centner. Als 20 Centner darauf gelegt waren, senkte sich der Bogen 9 Linien, bey der mit zehn Centner vergröfserten Last fand keine weitere Senkung statt.

Nachdem ich dieses Modell beynahe ein volles Jahr vor den Fenstern meines Arbeitszimmers hatte stehen, und vier Monate über mit Steinen, die zusammen ein Gewicht von 37 Centner ausmachten, beschwert gelassen, während zwey Seitenrippen des Bogens in der Mitte unterstützt blieben, um den Versuch zu machen: ob die Schenkel des Bogens von dieser Last abwärts gedrückt, folglich ihre Form verlieren würden, fand man bey den am 8. November 1813 gemachten Nachmessen: dafs die Schenkel des Bogens ihre ursprüngliche Form hatten. An diesem Tage wurde nun in Gegenwart der Mitglieder der Generaldirektion und mehrerer Baubeamten (sie haben das Protokoll unterzeichnet) die Unterstützung weggenommen; jetzt senkten sich die drey mit 37 Centner beschwerten Röhrenrippen des Bogens in der Mitte $3\frac{1}{2}$ Linien *), dann wurde die Belastung um 698 Pfund vermehrt, und gegen die Mitte des Bogens gewälzt; jetzt betrug dessen Senkung $9\frac{1}{2}$ Linien. Man vermehrte abermals die Last mit 418 Pfund, und die Senkung war $14\frac{1}{2}$ Linien. Endlich wurden über die Mitte des Bogens noch 1264 Pfund gelegt, so dafs die gesammte Beschwerung 6244 Baierische Pfunde betrug. Des Bogens Senkung war jetzt 18''' und nach 10 Minuten 19 Linien. Man liefs die Last noch bis zum andern Tage liegen, nahm aber keine gröfsere Senkung wahr.

§. 187. Wenn sich nun bey einerley Construction die Tragkraft wie die Eisenmassen derjenigen Haupttheile, welche vorzüglich das Tragvermögen ausmachen, verhielten, so würde eine nach dieser Construction gemachte Brücke mit $513 . 37 = 18981$ Centner beschwert werden können, um sich etwa in der Mitte $3\frac{1}{2} . 9 = 31\frac{1}{2}$ Linien zu setzen, welches in der That sehr unbedeutend ist.

§. 188. Die *Ausführung dieser meiner Bauconstruction* hängt vorzüglich von der Güte des Eisens, vom Verfertigen der Model, dem Formsande und seiner Anwendung, vom Gufs der Röhren und von ihrer Ausglühung, ab. Der königl. Gufsmeister

*) Weil der Bogen zwischen eingerammten Pfählen, die mit dem Bogen in Verbindung gebracht waren, gehörig gespannt wurde, so trug dieses Modell, bey einer geringen Senkung seines Bogens, mehr als im Giefshause zu Augsburg, woselbst zur Spannung desselben nicht die gehörige Einrichtung getroffen werden konnte.

Herr *Reiser* *), hat diese Gegenstände in folgendem Aufsatze, in welchem ich sehr wenig zu ändern für nothwendig gefunden habe, beschrieben. Man sieht daraus: dafs derselbe meine Construction studirte, ehe er die Hand an den Gufs des oben erwähnten Modells einer Brücke legte, und dafs dieser erfahrne und denkende Practiker die gröfsten Brücken der Art zu giefsen im Stande ist, wenn man sie bey ihm bestellt. Bey dem Gufs der zu diesen Brücken gehörigen Röhren kömmt es vorzüglich darauf an: dafs denselben die möglichste Festigkeit, Reinheit und dem Eisen durch das einige Stunden in Holz oder Kohlenfeuer dauernde Ausglühen **) der gegossenen Röhren, eine gewisse Geschmeidigkeit, den Röhren aber die Bogenform gegeben wird. Die Formen zum Gufs müssen so beschaffen seyn, dafs sie dem flüssigen Eisen einen hinreichenden Widerstand entgegen setzen; defswegen mache man die Formflaschen von Eisen, den Model der Kerne aber von Messing und giefse stets lothrecht, damit erst der Erzschaum (das Reisbley), dann die Luft und dann die zerschmolzene Masse in der Form aufsteige, der Druck der geschmolzenen Eisenmasse (des Flusses) aber in ihr selbst eine gröfsere Zusammenpressung (durch ihr Aufsteigen) hervorbringe, und nicht grofse Pori, die eine Folge des horizontalen Gusses sind, entstehn.

§. 189. *Des Herrn Reisers Erläuterung: über das Formen und den Gufs, der zu meiner Brücken-construction dienenden eisernen Röhren*, wozu die auf Tab. 134. gezeichneten Figuren von 1 bis 17 gehören, lautet so:

1) „Die eisernen Röhren zum Brückenbau sollen nicht allein von vorzüglich gutem Eisen, sondern auch mit ihrer ganzen Masse gleich compact und nach der gehörigen Form genau und rein gegossen seyn. Wie dieses zu bewerkstelligen, werde ich hier das Nöthigte anführen, und daher die Kennzeichen eines guten Eisens, die gehörige Formerey, die Art, die Röhren zu giefsen, endlich die weitern Behandlungen, um die gegossenen Röhren zur gehörigen Geschmeidigkeit zu bringen, angeben. Doch alle bey solcher Giefserey vorkommenden Behandlungen, nebst den chemischen Beobachtungen, genau anzugeben, möchte zu weitläufig seyn; da ohnehin das Formen und Giefsen solcher Röhren durch geübte Gufsmeister verrichtet werden mufs."

*) Wer dergleichen Brücken giefsen lassen will, kann sich mit aller Zuversicht an diesen geschickten Practiker wenden.

**) Bekanntlich gewinnen alle gegossenen Ganz- oder Halbmetalle durch das Ausglühen an Geschmeidigkeit, also an Elasticität, und wenn man sich so ausdrücken darf, wird dadurch das Gufseisen der Beschaffenheit des Schmidteisens näher gebracht, indem die Körner des erstern zu Fasern übergehen; daher kann man auch das ausgeglühte Gufseisen ordentlich abfeilen, welches mit dem unausgeglühten nicht thunlich ist; welches Abpfeilen aber bey den Schiftungen solcher Brückenröhren, so wie bey den innern und äufsern Hülsen, und um das Rosten zu verhindern, äufserst wichtig ist. Dafs dieses geschehen kann, beweifst auch mein Modell der eisernen Brücke, welches glatt abgefeilt ist.

Das Roheisen, welches hier allein in nähere Betrachtung kommt, ist ein sprödes und brüchiges Metall, seine Bestandtheile sind Eisen, Kohlenstoff und Sauerstoff. Auch finden sich fremde Substanzen darin, welche die Eigenschaften des Gufseisens verschlimmern und verändern. Weil sie aber in verschiedenen Verhältnissen bey verschiedenen Arten des Eisens vorhanden sind, so ergeben sich aus diesen Abänderungen mehrere Arten von Gufseisen. Diese kann man in Klassen bringen, und verschieden benennen. *a*) Das sauerstoffhaltige Gufseisen ist dasjenige, in welchem ein Uebermaafs von Sauerstoff, mit dem Eisen verbunden, und sehr wenig Kohlenstoff vorhanden ist. Dieses Metall zeigt im Bruche eine weifse, kernlose Fläche und hat das Ansehen einer Crystallisirung; zuweilen ist es mit kleinen schwarzen Punkten gefleckt. *b*) Das kohlen-sauerstoffhaltige Gufseisen zeigt das Eisen in Verbindung mit gleichen Theilen Kohlenstoff und Sauerstoff. Der Bruch dieses Gufseisens hat eine blafsgraue Farbe, kleine, aber leicht zu unterscheidende Körner. Es ist daher von minder schlechter Eigensbhaft, als das sauerstoffhaltige. *c*) Das kohlenstoffsauere Gufseisen ist dasjenige, in welchem der Kohlenstoff in gröfserer Menge vorhanden ist, im Bruch zeigt es eine mattgraue Farbe, welche sich der blauen nähert. In der Mitte der Masse zeigt es ziemlich grofse Mischungen von einem metallischen Glanze, welche aber an Gröfse abnehmen, je mehr sie sich der Oberfläche nähern. *d*) Das mit Kohlensäure übersättigte und befste Gufseisen ist mit wenig Sauerstoff verbunden. Im Bruch zeigt es regelmäfsige, schwarzgraue, metallische Körner.„

„Dieses sind die vorzüglichsten Arten des Gufseisens. Es giebt noch viele mittlere Beschaffenheiten, welche von den Verhältnissen der jedesmaligen Mischung abhängen. Je mehr Kohlen beym Reduziren des Erzes gebraucht werden, desto mehr wird das Gufseisen mit Kohlenstoff gesättigt, eine zu grofse Schonung der Kohlen in dem Ofen bringt eine ganz entgegengesetzte Wirkung hervor.“

2) „Das zu dem Brückenbau, nach der Construction des Herrn Geheimenraths von *Wiebeking*, erfoderliche Eisen läfst sich, mittelst eines gut vorgerichteten Ofens, dann einer genauen Behandlung vor und bey dem Gufs, wenn anders das Erz nicht von schlechter Beschaffenheit ist, leicht erzielen. Die Stärke und Elasticität des Eisens kann dadurch erkannt werden: dafs bey jeder Schmelzung eine Stunde vor dem Gufs, ein in getrockneter und geschlossener Sandform gegossener Stab, zu 1 bis 2 Zoll Dicke und 3 Fufs Länge, auf einer besondern dazu vorgerichteten Probiermaschine zuerst geprüft wird. Bey diesem Verfahren ist hauptsächlich darauf zu sehen, dafs das Abkühlen der Probierstange so viel möglich langsam vor sich gehe, indem das schnellere oder langsamere Abkühlen des Eisens eine grofse Veränderung in demselben hervorbringt. So kann z. B. ein Eisen mehrere Abänderungen in seinem Bruch, mehr oder weniger Stärke und Elasticität zeigen. Das mit Kohlensäure übersättigte Gufseisen behält in einer getrockneten Sand- oder Lehmform, wo es langsam erkal-

ten kann, seinen natürlichen Bruch und Eigenschaften, giefst man es aber in nasse Sandform, wo die Abkühlung schneller folgen mufs, so zeigt es im Bruche schon eine mattgraue Farbe und gleicht dem kohlenstoffsauern Gufseisen, ist auch weniger stark und elastisch, als das in getrockneten Formen gegossene Eisen. Giefst man dieses Eisen in eine eiserne Form, wo die Abkühlung noch schneller entsteht, als in einer nassen Sandform: so zeigt das Eisen im Bruch eine weifsgraue, kristallisirte, kernlose Farbe und ist sehr spröde. Doch kann sowohl das in nassen Sandformen als das in Eisenformen gegossene Eisen, ohne es umzuschmelzen, zu ihrer natürlichen Qualität gebracht werden; man darf es nur in einem Kohlen- auch Holzflammen-Feuer stark glühen, und in diesem Zustande, mehr oder weniger, nachdem die Gufsstücke dick oder dünn sind, erhalten und langsam erkalten lassen. Dadurch wird nicht allein die Farbe, welche es im Bruche hatte, und die Stärke hergestellt, sondern das Eisen erlangt auch die Geschmeidigkeit und Elasticität, welche das in trockner Sandform gegossene hat."

3) „*Was das Formen der zu dieser Bau-construction* erforderlichen Röhren anbetrifft: so müssen diese *nicht*, wie gewöhnlich die Wasserleitungs-Röhren, in nassen Sand- oder Lehmformen gegossen werden, indem, nach ersterer Gufsart, in nassem Sande die Gufswaaren zu schnell erkalten und dadurch dem Eisen jene Sprödigkeit verursachen, auch öfters unrein werden, bey letzterer Formart, nämlich im Lehm, werden die Gufswaaren nicht allein sehr kostspielig, sondern auch, weil der Lehm der Schwindung zu viel unterworfen ist, nicht so genau nach den erforderlichen Dimensionen hergestellt. Eine auf Erfahrung gegründete, zweckmäfsige Art, solche Röhren zu formen und zu giefsen, ist die in getrocknete Sandformen. Es kommt dabey auf die Beschaffenheit des Formsandes, der Metalle und der Formflaschen, dann auf die Behandlung des Gusses an. Bey solcher Formerey ist hauptsächlich darauf zu sehen: dafs der Formsand von möglichster Reinheit sey, und im stärksten Feuer nicht schmelze, theils um der grofsen Hitze, theils dem heftigen Druck des flüssigen Eisens widerstehen zu können. Es müssen daher die Sandkörner scharfkantig vom feinsten Staub bis zur erforderlichen Gröfse seyn. Die kleinsten mögen durch ein Sieb gehen, welches in einem Quadratzoll 10,000 Löcherchen und die gröfsern durch ein Sieb, welches in einem Quadratzoll 72 Löcher hat. Der Sand darf weder zu fett noch zu mager seyn, am befsten erkennt man solches, wenn er gehörig angefeuchtet sich mit der Hand ballen läfst, beym trocknen hinlänglich, ohne zu schwinden und Risse zu bekommen, fest wird. Da aber solcher Sand selten so natürlich gemischt gefunden wird, wie es erforderlich ist, so kann der zu magere mit Wasser, in welchem Thon aufgelöst ist, begossen, und der zu fette, durch das Ausglühen in einem Calcinier-Ofen von der überflüssigen Fette (Beymischung von Thon) entledigt werden. Der zu fette Sand kann mit dem bereits bey einem Gufs gebrauchten, ohne dafs er vorher calcinirt wird, zur Hälfte vermengt

zum Formen gebraucht werden; denn der Sand, in welchem bereits einmal eingegossen wurde, kann ohne Beymischung von neuem Formsande nicht die gehörige Consistenz erhalten."

4) „Der Guſs der Röhren selbst muſs in gegossenen eisernen Formflaschen geschehen, die eines Theils wegen den Formen und andern Theils um die gegossenen Röhren aus denselben herausnehmen zu können, aus mehrern Theilen bestehen müssen. Auch sollen die hinreichend-starken Form-Model, wegen der Bequemlichkeit zu Formen, ebenfalls aus mehrern Abtheilungen bestehen, und von Messing gemacht werden. Da aber diese beym Formen nur den äussern Umfang der Röhren bilden sollen, so braucht die Stärke der Wände des Messings nur 4 Linien dick zu seyn. Zu erwägen kömmt aber, daſs das Eisen, wie alle Metalle, nach Verhältniſs des Hitzegrades, welcher erfordert wird, es zum gehörigen Guſs zu bringen, beym Erkalten merklich schwindet; es folgt also: daſs die gegossenen Röhren, wie andere Guſswaaren, immer kleiner werden als der Model, nach welchem sie geformt wurden. Es müssen daher die Model immer nach allen Dimensionen vergröſsert werden. Ein genaues Verzeichniſs der Schwindung, welche bey den gegossenen Stücken vorgeht, kann hier und besonders beym Guſseisen, indem selten ein Hoch-, Reverberir- oder Kuppel-Ofen ein Eisen von gleicher Qualität liefert, nicht gegeben werden, da jede solche Abänderung im Eisen eine besondere Schwindung hervorbringt. Die gewöhnliche ist bey einem guten und gehörig flüssigen Eisen, bey einer hohlen Röhre, deren Wände 1 Zoll stark sind, deren Länge 8 Fuſs, und der Durchmesser 12 Zoll beträgt, der Länge nach, eine Linie, und im Durchmesser 2 Linien auf den Fuſs; bey der Eisenstärke ist aber ein Viertheil Linie auf den Zoll anzunehmen. Ueberhaupt verhält sich die Schwindung der Metalle nicht nach den cubischen Inhalt der Guſswaaren, sondern immer nach der Bildung eines Models. Auch die schnellere oder langsamere Abkühlung der Metalle bewirkt eine gröſsere oder geringere Schwindung."

5) „Wesentlich ist nun die Verfertigung der *Kerne*, welche einen Theil der Formen ausmachen, und den Röhren ihre Höhlungen geben; sie werden vom *Formlehm* gebildet. Mit diesem Namen benennt man einen gemeinen Thon, der aus gleichen Theilen Pferdedung mit etwas Sand gemischt, besteht. Hieraus werden auf eigens dazu verfertigten eisernen Spindeln *a b* F. 8. T. 126., welche an beyden Enden mit rund gedrehten Achsen versehen sind, und mit einer Kurbel auf einem hiezu bereiteten Lager herumgedreht werden, die Kerne mittelst eines Formbretts *g* (Fig. 9.), das ihnen, während dem umdrehen die gehörige Rundung giebt, gebildet. Der hiezu nöthige Thon muſs möglichst rein und nicht kalkschüssig seyn; er ist, da er für sich allein zum Formen zu fett wäre, zur Hälfte mit Pferdedung zu mischen. Führt ein gemeiner Thon zu wenig oder gar keinen Sand bey sich, so ist auch ein Theil reinen Sandes beyzumischen. Die Zuthat von Pferdedung zu dem Thon geschieht, um

diesen zum Formen und Giefsen schwammicht zu machen, damit er beym Trocknen keine Risse bekommt, auch nicht zu stark schwindet. Wenn der Kern ausgeformt ist, so wird beym Brennen der beygemischte Pferdedung verkohlt und in Asche verwandelt, welches dem Formlehm eine feine poröse Beschaffenheit giebt, ihn daher zum Dienst beym Gufs eignet. Ein solcher Formlehm besitzt die Eigenschaft: die schnellste Hitze, die das Eindringen des Metalls in die Formen verursacht, auszuhalten. Zugleich kann sich die im Kerne enthaltene Luft mit gröfster Geschwindigkeit entwickeln, und durch die Pores den nöthigen Ausgang finden. Da alle Metalle beym Erkalten sich mehr oder weniger zusammenziehen und besonders das Eisen bey dem mindesten Widerstand schon in den Formen springen würde, so wird dieses durch die schwammichte Beschaffenheit des Formlehms verhindert; daher müssen auch die Kernspindeln *a b* immer um 2 bis 3 Zoll dünner in ihrem Durchmesser seyn, als der Kern wirklich werden soll; diefs ist um eine hinlänglich poröse Lehmmasse aufzutragen höchst nöthig. Dicke Kerne, wozu eine grofse Lehmmasse erforderlich ist, um solche zur gehörigen Form zu bringen, müssen auf hohlgegossenen eisernen Spindeln, die mit einer Menge kleiner Oeffnungen (Fig. 8.) auf ihrer Oberfläche versehen sind, gemacht werden. Diese Spindeln sind aber an dem einen Ende etwas dünner, als an dem andern zu machen, um sie aus der gegossenen Röhre, welche eine starke Compression des Lehms verursacht, bequem ausziehen zu können. Bey dem Formen des Kerns wird zuerst ein halbzölliges Strohseil *b i* schraubenförmig, in der Entfernung eines Zolls, auf die Spindel *a b* aufgewunden, damit der Lehm, welcher sodann aufzutragen ist, mit einer gröfsern Oberfläche der mit Stroh umgebenen eisernen Spindel in Berührung komme. Dieses Strohseil macht den Lehm, welcher sonst auf der eisernen Spindel nicht halten würde, haltbar. Wenn der Kern ganz ausgeformt ist, wird er in einem Kohlen- oder Holzflammenfeuer bis zu einer bestimmten Zeit, worin nämlich der in dem Lehm enthaltene Pferdedung sich auf eine Tiefe von 3 bis 4 Linien zu Asche verwandelt hat, gebrannt. Hiebey wird auch das Strohseil bis auf die Spindel verkohlt; dadurch wird dann der Lehm schwammicht, nachgiebig und zum Gufs geeignet."

„Figur 8. zeigt eine auf ihrem Lager befindliche Spindel; Fig. 9. aber den bereits bis zum Brennen ausgeformten Kern. Wenn das Strohseil *i* (Fig. 8.) auf die Spindel *a b* aufgelegt und an beyden Enden, mittelst kleiner Keilchen in die der Spindel befindlichen Löcher *y* befestigt ist, wird dasselbe, nebst der ganzen Spindel, mit einem dünnen Formlehm überstrichen. Dieser wird, während die Spindel auf ihren Axen *e f*, mittelst einer Kurbel umgedreht wird, auf einem gelinden Kohlenfeuer getrocknet. Dann wird auf das Ganze, indem noch alles gut handwarm ist, eine 6‴ dicke Schichte Formlehm aufgetragen und getrocknet. So wird wiederholt fortgefahren, bis der Kern seine gehörige Dicke erreicht. Inzwischen wird durch das Formbrett *g* (Fig. 9.), indem die Spindel mit einer Kurbel gegen das

Formbrett zu umgedreht wird, der hervorstehende noch weiche Lehm abgestreift, die Vertiefungen, welche mit frischen Lehm ausgeebnet werden, ausgeglichen, und der Kern bekommt so die gehörige Gestalt, die die Kante des Formbrettes hat. Damit dieses seine Form nicht verliere, so wird eine eiserne Schiene *h* darauf geschraubt, welche die nöthigen Einschnitte hat, wie es die Bestimmung des Kerns erfordert *). Dieser wird endlich, um ihn sehr glatt und eben zu machen, so lange er noch warm ist, mit einer Schichte aus dünnem feingesiebten Formlehm, der bis zur Hälfte mit Holzasche vermischt ist, mit einem Pinsel auf seiner durch das Formbrett gebildeten Oberfläche bestrichen. Ist der Kern ausgeformt und gut getrocknet, so wird er in den Brennofen gebracht, zuvor aber werden die angeschraubten oder eingesteckten Achsen weggenommen, damit sich diese im Ofen nicht verzundern. Diese Kerne erhalten an beyden Enden und auf der Eisenspindel selbst ihren Ruhepunct, weil sonst der Lehm durch ihre Schwere leickt möchte beschädigt werden."

6) „*Der Brennofen* mufs canalförmig und so eingerichtet seyn, dafs mehrere Kerne zugleich und in gleicher koncentrirter Hitze mit einem Holzflammenfeuer gebrannt werden können. Wenn sie genug gebrannt sind, müssen alle Oeffnungen des Ofens verstopft werden, damit dieselben langsam erkalten; ausserdem würde der Lehm, der weit früher als die eiserne Spindel erkaltet, zu viel Risse bekommen. Diese so abgekühlten Kerne müssen, wo möglich, noch etwas warm aus dem Brennofen genommen werden, und mit einer warmen Schlichte, die zur Hälfte aus Kohlenstaub und im Wasser gesottenen Mehl besteht, mittelst eines Pinsels dünn und ganz flüchtig, damit nicht zuviel Feuchtigkeit in die Kerne dringe, überstrichen. Diese Schlichte giebt der Oberfläche eine feste Haut, um sie gegen dem flüssigen Eisen möglichst zu schützen, und der Kern sich von der gegossenen Röhre leicht ablösen lasse."

7) „Dieser beschriebene Kern ist bestimmt, beym Gufs einer eisernen Röhre die Form zur innern Oberfläche der Röhre oder deren Höhlung zu bilden. Um die äussere Oberfläche der Röhre zu gestalten, dienen messingene Modeltheile, welche mit ihrer äussern Oberfläche an Formsand sich abdrücken und dann weggenommen werden, so dafs die abgedrückte Fläche des Formsandes die Form der äussern Oberfläche der zu giefsenden Röhre abgiebt. Figur 1. zeigt im Durchschnitte diese messingene Modeltheile sammt den eisernen Schrauben *i*, *h*, *r*, *t*, *v* und den Model *l* zum Eingufs; denn auch die Wände des leeren Raums zum Eingufs des Eisens müs-

*) Dieser Kern bekömmt in seinem obern Theile noch eine gewisse Schmälerung seiner Hauptdicke. Denkt man sich nämlich durch *m n* (Fig. 8.) eine verticale Ebene, welche die Dicke des Kerns von *m* bis *n* schief schneidet, und die links von *m n* oder auf der Seite von *o* liegende Hälfte der Kernsoberfläche auf die Tiefe $x\,y = v\,z$ (Fig. 3.) eingeschnitten, so entsteht diese Schmälerung der Hauptdicke des Kerns, welche von dem Augufs der innern Hülse an den obern Theil der Röhre nothwendig gemacht wird.

sen vorher gemodelt seyn. *a*, *b*, *c*, *d* sind die messingenen Modeltheile einer Rippenröhre, *e* ist das kleine Rohr oder die innere Hülse, welche an die Rippenröhre bey *a b* angegossen wird, *f* und *z* sind die Kernenlager, an *z* schliefst sich nach innen die Luftröhre und Windpfeife an, *g*, *k* sind die messingenen Zapfernmuttern, *l*, *m*, *n*, *o*, *p* die messingenen Seitengüsse, *q*, *s*, *u*, *w* die messingenen Schraubenmuttern, *y* die Windpfeife oder der Uebergufs. Figur 2. zeigt im Durchschnitte die Zusammensetzung dieser Modeltheile zur Bildung der äussern Oberfläche einer Rippenröhre, die Umgebung dieser Theile mit Formsand, und das Ganze von einer aus Eisen gegossenen Formflasche zusammengehalten. 1. 2, 3. 4, 5. 6, 7. 8 und 9. 10. 11. sind die einzelnen Theile, woraus die Formflasche, der Länge nach, zusammengesetzt ist. Sie bestehet auch aus Theilen der Queere nach, wie die äussere Ansicht einer Formflasche Fig. 4. zeigt. Aus dieser Figur sehen wir zugleich, wie diese sämmtlichen Theile der Formflasche mit Schliefsnägeln *s. s. s.* zusammengehalten werden. Fig. 5. ist die obere Ansicht von Fig. 2. bey *i*. 2; *z* ist der Eingufs, *y* die Windpfeife oder Uebergufs, welcher mit der Queerschine *m* versehen ist, die zum Zusammenschrauben und Ausziehen des Models dient. *i*. 2 sind die zwey Formflaschentheile. Fig. 6. ist das Profil durch 12. 13 von Fig. 2.; davon sind *l* die Schliefsnägel-Löcher, *f* die Stellhefter, welche dazu dienen, um die Formflaschentheile in unverschobener Richtung lothrecht zusammen setzen zu können."

8) „Das Einformen selbst geschieht auf folgende Art: *a*) Es wird Fig. 2. die Platte *l* mittelst Schliefszapfen an die Formtheile 9. 10, die ebenfalls mit Schliefszapfen versehen sind, gesetzt und vertical auf einen festen Boden gestellt. *b*) Da das Zusammensetzen der Model und Formflaschen, so wie das Abheben und Ausziehen derselben sehr genau und immer in verticaler Richtung geschehen mufs, so sind alle diese Verrichtungen am schicklichsten, sichersten und minder kostspieligsten unter einen beweglichen Krahnen angebracht, der mit einem Flaschenzug und Triebwerk versehen, wodurch dann die schwersten Lasten sanft und bequem dirigirt und das Geschäft sicher verrichtet werden kann."

„Ein Krahnen ist in der Giesserey, wo der Schmelzofen, die Dammgrube, der Trocken-, Glüh- und Brennofen und so alle nöthige Vorrichtungen sich befinden, so anzubringen, dafs damit allenthalben, wo es nöthig ist, hingereicht werden könne. Die zwey ersten Modeltheile *ff*, *c d* (Fig. 2.), die bis zur Höhe *s* reichen, werden mit *ff* in die ersten Formflaschentheile 9, 10, die, der Höhe nach, bis zum Seiteneingufs *p* reichen, auf die Platte *l* in die Mitte gesetzt, mit der Schraube *r* und deren Muttern *q*, *s* auf die Platte *l* festgeschraubt, zuvor aber mit der Schraube *h* und der Zapfenmutter *g* verbunden, die durch die Formflasche eingebracht wird, und zugleich auch den Model des Kerns für das Schraubenloch bildet. Nun wird der Raum zwischen den ersten Theilen 9, 10 der Formflasche und dem ersten messingenen Modeltheile *ff*, das bis zur Höhe *p* reicht, mit Formsand angefüllt, indem

dieser Sand schichtenweis zu 3 bis 4 Zoll eingebracht, und mittelst eines Holzes möglichst fest gestoſsen wird. Nachdem diese erste Abtheilung bis an den Rand der ersten Formflaschentheile fertig ist, so wird der Sand, dem Rande gleich, angeebnet, glatt gestrichen, mit Kohlenstaub bestäubt und mit einer Papierlage belegt, durch welche verhindert wird, daſs die fernern Sandschichten mit dieser nicht vereinigt werden. Dann wird der Seitenguſs *p* an den Model mit etwas Sand befestigt, und der Theil *o* des Einguſsmodels auf *p* aufgesetzt. Die zweyten Formflaschentheile 7. 8, die bis zur Linie 12, 13 reichen, werden nun ebenfalls auf die ersten bereits eingeformten gesetzt und mit Schlieſszapfen befestigt. Dann wird der Raum zwischen den zwey Formflaschentheilen, dem Guſsmodeltheile *b* und dem zweyten messingenen Modeltheile *c d*, wie das erstemal, bis zum Rand 12, 13 der Formflaschentheile schichtenweis mit Sand ausgestoſsen, abgeebnet, bestäubt und mit einer Papier-Lage bedeckt; hierauf wird das dritte Modeltheil 5, 6 aufgesetzt und mit der Schraube *t* und ihrer Mutter *u* festgeschraubt, der zweyte Theil *n* des Einguſsmodels auf den ersten Theil *o* und die dritten Formflaschentheile 5, 6 auf ihre zweyten aufgesetzt, der dadurch entstehende Zwischenraum, wie schon beschrieben, mit Sand ausgefüllt, und auf dieselbe Art mit Einformung der übrigen vierten (3, 4) und fünften Theile (1, 2) fortgefahren."

9) „Ist die Form mit Sand gänzlich angefüllt, so wird die Schraubenmutter *w* abgenommen, die Modeltheile *z* und *y* aus der Form gehoben, die Schraube *v*, auch die Schlieſsnägel der obern Formflaschentheile abgelöst, und das Formtheil 1, 2, welches den Sandformtheil mit dem eisernen Formflaschentheil enthält, abgenommen und zur Seite gebracht. Dann wird die Schraube *i k* geöffnet und der Modeltheil *e* aus dem Formtheil 3, 4 gezogen, die Schlieſsnägel bey 12, 13 abgelöst, die Formtheile 3. 4, 5. 6 werden zugleich, indem sie noch an einander befestigt sind, abgehoben und gestürzt, so daſs 3. 4 unten und 5. 6 oben ist; und so erst das Modeltheil 1. 2, das des Seitengusses und die übrigen Modeltheile aus der Form gezogen werden können. Da aber durch das Ausziehen der Model die scharfen Kanten der obern Sandflächen leicht beschädigt werden, so ist, um diesem zu begegnen, eine Blechscheibe anzubringen, welche die ganze Oberfläche des Formsandes bedeckt und die runde Oeffnung der äussern Dimension des Models hat, so daſs dieser leicht durchgeht. Diese Blechscheibe wird sodann und während dem der Model aus der Form gezogen wird, fest auf der Sandfläche gehalten, wodurch der Model in gerader Richtung und ohne den Sand zu beschädigen, kann ausgezogen werden. Nachdem auch aus den zwey untersten Formtheilen 7. 8, 9. 10 die Modeltheile und somit alle aus den Formen gebracht sind, wird das Innere der Formtheile mit einer Schlichte, die zur Hälfte aus aufgelösten Thon in Wasser und feingesiebter Holzasche besteht, mittels eines Pinsels dünn ausgestrichen, dann auf einem eigenen dazu vorgerichteten Kanal, wo das Feuer zum Trocknen und Ausbrennen kann angebracht

werden, vertical aufgesetzt, gut ausgetrocknet und zuletzt mit einem starken Holzflammenfeuer ausgebrannt.“

10) „Nachdem die Formtheile erkaltet, werden sie in die Dammgrube (Gufsgrube) mittelst Krahnen vor dem Schmelzofen gebracht, und zum Gufs der Röhren zusammengesetzt. Fig. 3. zeigt den Durchschnitt der schon zusammengesetzten Form mit dem in der Mitte befindlichen Kern *a b*, welcher auf die Anfangs beschriebene Weise zubereitet ist, bey *x y* und *v z* mit den Sandformen parallele Absätze hat, um zugleich die der Röhre anzugiefsende innere Hülse und den schiefen Schiftungsschnitt der Röhre zu modeln; dieselbe Figur zeigt auch die Kerne *r*, *q* für die Schraubenlöcher der Röhre. Die ganze Zusammensetzung ist so dargestellt, wie sie zum Einlassen des Eisens zubereitet wurde. Wie diese Zusammensetzung geschieht, ist aus Folgendem zu ersehen. Zuerst wird der Formtheil 9. 10 auf eine ebene und hinlänglich feste Grundlage in die Dammgrube gebracht, und der Kern *a b* mit dem Ende *b* in das für ihn geformte Lager *c* eingestellt, und die übrigen Formtheile, wie solche beym Formen aufeinander gefolgt, aufgesetzt, die sie umfassenden Formflaschentheile mit den Schliefszapfen zusammen befestigt, und der Kern oben mit einer angebrachten Eisenschiene und mittels Schrauben von oben, über den durch die Kernspindel gehenden Zapfen *d* befestigt, ohne welche Vorrichtung sich der Kern beym Eindringen des flüssigen, spezifisch schwerern Eisens heben würde.“

„Die Kerne *q* und *r* werden durch die Seitenöffnungen der Formflaschen bis dicht an den Kern *a b* eingelegt, und von aussen mit Gyps und Wasser verludirt. So steht nun die Form zur Aufnahme des Eisens bereit *).

11) „Das Einlassen des flüssigen Eisens geschieht auf folgende Art. Es wird nämlich vom Schmelzofen bis zur Form ein eisenblecherner oder ein gegossener Kanal gelegt, welcher zuvor mit Formthon einen Zoll dick ausgestrichen, gut getrocknet und etwas ausgebrannt werden mufs. Beym Einlassen des Eisens ist hauptsächlich zu trachten, dafs die Gufsmündung *l* beständig voll Eisen erhalten wird, sowohl um das schnelle Eindringen des Eisens bey *p* zu befördern, als auch hiedurch das Eindringen der Luft, so wie des Eisenkalchs, der sich beständig auf der Oberfläche des flüssigen Eisens vorfindet, zu verhindern.“

12) „Wenn der Gufs beendigt ist, und der Flufs bis *t t* reicht, und das Eisen zu stocken anfängt, welches bey Röhren von einem Zoll Eisenstärke, in einer halben Stunde erfolgt, so werden, damit das Einziehen der gegossenen Röhren, besonders der Länge nach, kein Hindernifs findet, alle Schliefszapfen *s s* Fig. 4. geöffnet und abgenommen. Uebrigens ist die Form in der Grube, bis alles kalt ist, ruhig stehen

*) Diese Einrichtung des Gusses, indem das flüssige Eisen von unten bey *p* gegen *tt* (Fig. 3.) vertical aufwärts steigt, bietet die wichtigen Vortheile dar, dafs die Hitze und Gase des einströmenden Eisens nach oben durch die trichterförmige Oeffnung ihren Ausgang finden und der hydrostatische Druck des flüssigen Eisens die gröfsere Verdichtung der Masse bewirkt.

zu lassen. Dann werden die Formtheile und der Sand abgelöst und alles wie die gegossene Röhre aus der Grube gebracht und solche vom Sand und Lehm gereinigt."

13) „Jetzt werden die Röhren, um ihnen die erforderliche Geschmeidigkeit zu geben, in das Holzflammenfeuer eines canalförmigen Ofens gebracht und mehrere Stunden darin erhalten. Dem Heerde dieses von feuerfesten Backsteinen gebauten Ofens ist die bogenförmige Lage, welche die geradgegossenen Röhren bekommen sollen, zu geben; und indem mehrere Röhren zugleich auf den so concav gewölbten Heerd mit ihren beyden Enden aufgelegt werden, so biegen sie sich, während dem Ausglühen, nach der Form des Heerdes. Die Hitze des brennenden Holzfeuers, auf einem Rost, kann in dem mit hinlänglichen Zuglöchern versehenen Ofen, nach Belieben, regulirt werden. Anfangs soll das Feuer langsam brennen, und erst, wenn die Röhren 5 bis 6 Stunden lang rothglühend gewesen sind, ist die Hitze so weit zu vermehren, daſs die Röhren weiſsglühend werden. In diesem Zustande werden sich dieselben biegen und die gemodelte Bogenform des Heerdes annehmen. Bemerkt man, daſs dieses gehörig erfolgt, so ist der Hitzgrad zu vermindern und das Feuer ganz ausgehen zu lassen. Die Oeffnungen des Ofens sind so viel möglich zu verschliessen, damit die Erkaltung durch den Zug im Ofen nicht so schnell vor sich gehe. Durch solches Verfahren wird das Guſseisen ein Drittheil an Stärke und Elasticität gewinnen. Ich habe zur Bestätigung dieser Erfahrung mehrere Versuche mit gegossenen Röhren und Stäben gemacht und stets die günstigsten Resultate erhalten *). Wird das Glühen eines Guſseisens noch länger fortgesetzt, je nachdem dasselbe stärker oder schwächer ist, so wird ihm viel von der brennbaren Substanz, die sich mit dem Metall, während dem Reduziren im Schmelzofen, vereinigt hatte, verbrannt, worauf das Eisen selbst unschmelzbarer und weniger spröde sich zeigt, und in ein hammerbares Eisen überzugehen beginnt."

14) „Da das Formen und der Guſs der Verbindungsröhren und Hülsen für die Bauconstruction des Herrn Geheimeraths von Wiebeking eben dieselben Behandlungen erfordern, wie die bereits erwähnten Rippenröhren, so übergehe ich dieselben und beschreibe nur noch das nöthigste dessen, was bey den Rippenröhren nicht vorkam. Figur 10. giebt die Ansicht im Durchschnitt. *a. b. c. d. e. f. g. h. i. k. l* sind die messingenen Modeltheile; *m. n. o. p. q. r. s. t. u. w* sind die von Eisen gegossenen Formflaschentheile; *y* der leere Raum, welcher mit Formsand anzufüllen ist."

„Beym Anfange des Formens wird der Modeltheil *e* und der Formflaschentheil *s* auf das Brett *i* gesetzt und befestigt, damit sich keiner von beyden verschieben

*) Herr Reiser hat auf diese Weise auch den Röhren meines Modells die Bogenkrümmung gegeben, welches vielleicht die einzige brauchbare Methode ist. Das Guſseisen würde übrigens einen vorzüglichen Grad von Geschmeidigkeit erhalten, wenn es in ganz glühenden Formen, die keine Abschreckung des Eisens bewirkten, gegossen würde, welches aber für Guſswaaren, wie diese Röhren, zu umständlich wäre.

kann, zugleich wird der Modeltheil *d* auf *e* mit der Schraube *x*, welche durch die im untern Brett angebrachte Oeffnung geht, festgeschraubt, dann mit Sand-Schichten in möglichster Gleichheit ausgestofsen. Ist dieses Formtheil zur Höhe *u* mit Sand angefüllt, so wird die Platte *u* aufgelegt, mit Schliefsnägeln befestigt, bey *g* noch etwas Sand, bis zur obern Fläche der Platte *u*, aufgeschichtet, geebnet, mit Kohlen bestäubt, mit einer Papierschichte bedeckt und dann das Gufsmodeltheil *g* an *d* mit etwas Sand festgesetzt. So wird mit Ausformung, wie bey den Rippenröhren, fortgefahren. Dann mufs aber zum Ausformen des Untertheils *f* die ganze Form gestürzt werden; der Model *f* auf *e* gesetzt, der Formflaschentheil *t* auf s, mit Schliefsnägeln befestigt und der ganze leere Raum zwischen dem Model *f* und dem Formflaschentheil *t* (Fig. 15.) mit Sand ausgestossen und zuletzt die Platte *w* aufgepafst und mit Schliefsnägeln befestigt. Dann wird der Model *f* durch die Schraube 2 an die Platte *w* angehängt, und sammt dem Formflaschentheil *t* abgehoben, zur Seite gebracht und auf den untern Theil *w* gesetzt, wo die Schraube 2 geöffnet und der Model *f* aus dem Sande gehoben wird. Eben so werden auch die übrigen Modeltheile einzeln ausgezogen, geschichtet und zum Trocknen gebracht."

„*Figur* 11. zeigt diese Form im Durchschnitt mit ihrem Kerne, wie sie zur Aufnahme des Eisens bereit ist. *a* ist der vertical stehende Kern, welcher sein Auflager in den horizontalliegenden Kern *b* hat. Hier sollen die Eisenspindeln mit ihren Höhlungen verbunden seyn, damit die, während dem Einfliessen des Eisens in die Formen, im Kerne *b* entwickelte Luft durch die Spindel des Kerns *a* den gehörigen Ausgang finde. *Fig.* 12. ist die Ansicht von Fig. 11. von oben bey 12. genommen. Hier ist *b* der Kern, c die Formflasche, *d* die Oeffnung zu den Schliefsnägeln, *e* sind die Stellstift-Oeffnungen. *Fig.* 13. ist die Form für die Kreutzverbindungsröhre. Hier ist nur anzuführen, dafs die drey Kerne *a*. *b*. *c* mit den Höhlungen der Spindeln hinlänglich vereinbart werden, damit die Luft, beym Eingiefsen, den gehörigen Ausgang erhalte. Uebrigens ist alles gleich, wie beym Gufs der übrigen Röhren, zu behandeln. Nur beym Ausglühen der Verbindungsröhren, welche keine Bogenförmige Richtung nöthig haben, mufs in dem Glühofen jede Röhre von unten der ganzen Länge nach mit Steinen unterlegt werden, damit beym Glühen keine Krümmung statt finde. *Fig.* 14. ist die Ansicht von Fig. 13. von oben bey 1. 2. *a* ist der Eingufs, *b* die Luftröhre oder Uebergufs, *c* ist die Höhlung des Kerns. *Fig.* 16. und 17. sind Horizontalschnitte von Fig. 10. Hiermit sey also diese Materie beschlossen."

FÜNFTES KAPITEL.

Von den besten und sichersten Fähren über Flüsse und von den beweglichen Brücken, die man über Canäle, Festungsgräben und über Schleusen anlegt.

Tab. 97., 100. und 131.

§. 190.

Die *Fähren* verdienen allerdings von den beym Brückenbau angestellten Ingenieuren besorgt zu werden; in Frankreich sind sie denselben anvertraut. Wer die gewöhnlichen Fähren sieht, sollte glauben: daſs die Polizey sie selten der mit ihrem Gebrauch verbundenen Gefahr wegen, dulden könne; gleichwohl findet darüber weder eine Aufsicht, noch polizeyliche Gesetze statt, wenn auch die damit entstehenden Unglücke nicht selten eintreten, und selbst Könige, wie *Heinrich IV.*, kaum dem Ertrinken entkamen.

§. 191. Die besten kleinen Fähren sind diejenigen, welche man in *Holland* und auf dem *Inn* in *Baiern* antrifft. Siehe Fig. 21. Tab. 131. Ihre wesentliche Stücke sind: 1) ein *Laufrad B.*; 2) das zwey Zoll dicke *Zugseil B C*, und 3) das *Spannseil D E*, woran jenes frey hin und hergeht. Dieses Laufrad Fig. 18. 19. u. 20. T. 131. wird von Kupfer oder Eisen gemacht; es wiegt mit den hölzernen Walzen *G* 21 ½ Pfund, und besteht aus einem Kreis *a* (Fig. 18.) von 12 Zoll Durchmesser, der inwendig eine Rinne *c* (Fig. 19.) hat, welche längs dem Spannseil *D E* (Fig. 21.) hingleitet. Seine vier eiserne Speichen *d. e. f. g* (Fig. 18.) haben eine Stärke von ¾ Zoll und dessen 1 ¾ Zoll starke Welle *h* (Fig. 20.) geht mit ihrem ½ Zoll dicken Zapfen *i* durch zwey eiserne Bügel oder Träger *k l*, die mit dem 1 ½ Zoll breiten Eisen *m* zu einem Ganzen vereiniget sind und von dem das Rad einige Linien absteht. In der Queere dieser Bügel läuft, über die Zapfen *i* des Rades, ein 13 Linien breites, 3 Linien dickes und 17 ½ Zoll langes Eisen *n* (Fig. 18. und 20.), welches an seinen zwey Enden *o* und *p* umgebogen ist. Durch die von dieser Umbiegung vier Linien im Lichten weiten Löcher oder Oehsen geht eine beynahe eben so starke Achse *q r*, u. *p r* die an einem Ende einen Kopf und am andern einen Splieſs hat; diese Achsen *q r* sind mit dem Queereisen *n. n* und *u. u* in Verbindung gebracht, und letzteres Eisen ist an den Stiel *v* (Fig. 19.) angeschmiedet, welcher wieder an dem Bügel *k m* angeschweiſst ist, mit dem er also ein Ganzes bildet. Er hat an seinem Ende ein 12 Li-

nien weites Loch w, wodurch der fünf Linien dicke Hacken x geht, vor dessen Kopf y sich ein vier Zoll weiter Ring z dreht, an welchem das Zug- oder Gierseil BC (Tab. 21.) angeknüpft ist. Um die zwey Achsen $q\ r$ u. $p\ r$ (F. 18. u. 20.) läuft (um jede) ein aus Buchenholz, $\frac{3}{4}$ Stunden in siedendes Oel zu legende 3 Zoll starke Walze G, die an ihren Enden mit einem 2 Linien dicken eisernen Ringe r beschlagen ist, und diese zwey Walzen $G\ G$ bilden mit der Ebene des Rades einen Winkel von 5 Grad, so daſs sie längs dem in der Rinne c des Laufrades liegenden Spannseil DE (F. 21.) hingleiten. Ist nun dieses Seil in die Rinne c (Fig. 19.) des Laufrades gelegt, so wird das Gier- oder Zugseil BC (Fig. 21.) an den Ring z (Fig. 18.) angeknüpft und an den Prahmen oder an die Fähre F (Fig. 21.) dergestalt befestigt, daſs es, einige Schuh von dessen Spitze entfernt, um einen zwey Zoll starken, in der Fähre eingeschlagenen eisernen Hacken geschürzt wird, und unterhalb um ein 3 Zoll starkes und rundes queer über denselben gehendes Holz schlägt. Dieses Zugseil läuft also von der Fähre oder dem Prahmen bis zum Spannseil DE, welches auf dem einen Ufer an einer 12 Fuſs tief eingerammten und 18 Zoll starken Säule DG, etwa 10 Fuſs über den niedrigsten Wasserstand, befestigt ist. Auf dem entgegengesetzten Ufer läuft es über eine eben so hoch in einer eichenen Säule EH eingesetzten 16'' Zoll groſsen Scheibe i, die dem Seil als Unterlager dient. Von dieser Scheibe geht das Spannseil senkrecht hinab und dann um eine hinter der Säule, der Queere nach, liegenden Walze h, welche, vermittelst eines darauf angebrachten Sproſsenrades oder mit vier durch diese Walze gehende Handhaben, umgedreht wird, damit das Seil gespannt werde. Diese aus Eichenholz bestehende und in einer Schwelle eingelassene, überdies aber in den Erdboden gehende Säule EH wird auf jeder der vier Seiten von Schräg-Stützen k gehalten, damit sie nicht aus ihrer lothrechten Stellung kömmt, welche Stützen sich gegen 4 bis 6 Schuh tief in den Grund eingerammten Pfählen $l\ l$ anstemmen. Die Walze h liegt aber in einem mit der Säule durch eine Tragschwelle m und ein von der Säule schräg abgehenden Holz n in Verbindung gebrachtes Unterlager, um ihre horizontale Lage zu erhalten. Man kann diese Walze auch zwischen zwey 12' tief eingerammten und mit Schrägstützen sicher gehaltenen zwey eichenen Säulen legen, in denen die Pfannen, für den Zapfen der Walze, eingelassen sind, und dann kann die vorhin erwähnte Scheibe i entbehrt werden. Die Anziehung des Spannseils DE muſs aber nicht übertrieben werden, damit es nicht reiſst, und es wird sich selbst ein gut angespanntes Seil dennoch nach einem Bogen senken; die Ausdehnung eines neuen Seiles beträgt $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{12}$ der Länge. Wie hoch es übrigens über die Wasserfläche reichen soll, wie hoch also die Walze h gelegt werden müsse, dies hängt von den Fahrzeugen ab, die den Fluſs befahren, denn sie müssen ohne Gefahr, unter das Spannseil (beym höchsten Fahrwasser) noch durchgehen können.

Soll nun eine solche Fähre über den Fluſs gehen, so wird sie, mittelst des Ruders, schräg gegen den Strom gehalten, und indem dieser an ihre Wand stöſst,

das Zugseil *B C* und Spannseil *D E* dieselbe nicht flufsabwärts läfst, so mufs sie sich Queer über den Flufs fortbewegen, und die Laufrolle *B* gleitet, im Verhältnifs der Geschwindigkeit ihres Ganges, längs dem Spannseile hin. Ein Mann kann das ganze Manöver dirigiren, die Fähre kann einen Wagen und fünfzig Menschen aufnehmen, und bey geprüftem Spann- und Zugseil ist ein Unglück nicht zu befürchten, denn das Manöver damit ist gleich gelernt; endlich läfst sich so eine Fähre, wenn man das Laufrad, die Seile und den Prahm hat, überall in wenig Stunden errichten. Diese Stücke sollten also keiner Armee fehlen, denn sie erleichtern den Uebergang über Flüsse auf eine auffallende Art; ich habe defswegen diese Fähre im August 1813 in einem gedruckten Aufsatze empfehlen zu müssen geglaubt. Bey der Fähre über den Inn, wo das Spannseil 436 Fufs lang ist, 270 Pfund wiegt und 170 fl. kostet, kommt die ganze Einrichtung auf 600 fl. zu stehen, und die Fähre legt in der Secunde, wenn der Strom etwa 5′ Geschwiudigkeit hat, drey Schuh zurück, so dafs man damit fast eben so geschwinde über den Inn kömmt, als wenn eine stehende Brücke vorhanden wäre.

Solcher Fähren kann man sich also mit Vortheil beym Brückenbau, anstatt der Nothbrücken, bedienen und ich habe sie dazu, beym Bau mehrerer Brücken, gebraucht. Bey einer frequenten Passage kann man zwey solcher Fähren etabliren, wie ich gleich nach dem Einsturz der steinernen Brücke bey München gethan habe, wo sie der hohen Auffahrten und der vielen Fuhrwerke wegen, die über die Bogenhauser Bogenbrücke gehn mufsten, nur für Fufsgänger, bis die Jochbrücke erbauet war, gebraucht werden konnten.

§. 192. Eine andere Fähre, die aber auf eben das Princip, worauf die zuvor beschriebene beruht, ist die sogenannte *fliegende-Brücke* (pont-volant siehe Tab. 131. Fig. 15., 16. und 17.), die ich 1791 in *Büsch Hydraulik* S. 287 beschrieben habe und die in Holland bey *Nymegen*, über den *Rhein* bey Arnheim, dann bey Emmerich, Raes, Wesel, Urdingen, Kaiserswerth, Düsseldorf, Mühlheim, Cölln, Bonn, Coblenz, Mannheim und bey mehrern am *Rhein* liegenden Städten angelegt worden ist. Sie kann auf allen Flüssen, die breit, nicht zu seichte sind, und noch mit 2′ Geschwindigkeit strömen, mit grofsem Vortheil, selbst beym Brückenbau, als zur Interims-Ueberfahrt dienend, gebraucht werden, wobey sie z. B. zum Bau der Donau-Brücke von Ingolstadt, vor einigen Jahren, angewendet wurde. Diese Fähre besteht 1) aus zwey parallel gestellten Schiffen *a. b* (Fig. 15. und 17.) um den darüber zu legenden Boden *G*, den man einen Raum von etwa 1800 bis 24000 Quadratfufs giebt, so dafs er vier bis sechs vierspännige Wägen und einige hundert Personen aufnimmt, zu tragen. In jedes Schiff oder in jede Barke steht eine Art von Mast, und die zwey Masten *r r* (Fig. 15.) sind, vermittelst zwey Riegel *d e* und einigen bogenförmig ausgehauenen Hölzern *f* und zwey Streben *g* auseinander gehalten. Der unten aus Balken *k k*, die zugleich die Schiffe zusammenhalten, und

oben aus Dielen bestehenden Deckboden *G*, hat ein Geländer *h* F. 15., worin die Ein- und Ausfahrt *i* und m (F. 17.) mit einem runden Holze (zur Sicherheit der Personen und Pferde) verschossen wird. Die zwey Masten *r r* (Fig. 15.) werden, vermittelst den Ketten *n* und *n*, *o* und *o* und *p*, *p*, welche letztern zugleich Leitern bilden *), in lothrechter Stellung gehalten.

In der Mitte einer solchen Fähre liegt bey *A.* (Fig. 15. 16. 17.) eine Walze, (*Palwalze* genannt) über welche das Zugseil (*Gierseil*) *B* F. 17. läuft, welches etwa die doppelte Breite des Flusses lang ist, und sich zwischen die 2 Riegel *d* u. *e* (F. 16.) frey hin und her bewegen kann. Dasselbe liegt auf die in fünf bis acht unten scharf das ist mit einem Kiel gebauten Nachen, Böten oder Kähnen, festgestellten eisernen Gabeln, von denen es also getragen wird. Ein so langes und schweres Seil könnte nämlich nicht frey schweben, und andern Theils würde es ins Wasser tauchen, da es niemals grade gespannt werden kann; es würde also (vom Strome) einen nicht zu überwindenden Widerstand erfahren, ja auch wohl an Wurzeln, die das hohe Wasser mitführt, oder an Steinen, hängen bleiben und zerreifsen. Es mufs also von einigen Nachen, (Böten) die man Giernachen nennt, getragen werden**). Von dem letztern oder obersten Nachen (Bugnachen) ab ist dieses Seil an eine Kette geknüpft, die an die mitten im Flufs liegenden drey Anker befestigt ist, wovon das eine Anker (im Rhein) 450 bis 500, und die Nebenanker zusammen 600 Pfund wiegen. Der Ring, worin sich die drey Ketten der drey Anker vereinigen, ist der Bewegungspunkt der fliegenden Fähre. So wie diese sich in der Quere des Flusses bewegt, bewegen sich alle die erwähnten Nachen. Drey Anker sind aber nicht nur der Sicherheit wegen, sondern auch deswegen nothwendig, weil ein Anker, durch die abwechselnde Bewegung der Fähre, von dem rechtseitigen zum linkseitigen Ufer, oder von diesem nach jenem, das Anker von seiner Stelle bringen, und die Fähre auf diese Weise seine Drehung bewirken müfste. Die auf die Tragnachen, welche etwa auf 50′ Entfernung liegen, in die Mitte gestellten Gabeln müssen so hoch seyn, damit das Gierseil ***) nicht die Spitzen der Nachen berührt, aber die Gabel darf auch nicht viel höher stehen, sonst schlägt der Nachen um. Alle diese Nachen müssen aber stark und grofs genug seyn, um die Gierkette oder das Gierseil zu tragen, und der Bugnachen mufs stärker als die übrigen seyn. Das Gierseil B. (Fig. 16.) wird aber vermittelst der Pahlwalze *A.* angezogen oder nachgelassen, je nachdem es nothwendig ist, dieses Seil zu verkürzen oder zu verlängern. Verkürzt mufs dasselbe, z. B. beym niedrigen Wasserstande werden, weil dabey die Strombreite abnimmt. Auf dem Vordertheil der Fähre stehen zwey Winden, *D. D.* (Fig. 16. u. 17.); von einer solchen Winde wird beym Ueberfahren ein Seil ans Ufer geworfen, das man um einen Pfahl schlingt,

*) Diese Ketten haben lange Gelenke, die mittelst Ringe verbunden sind.

**) *Gieren* heifst nämlich queer über den Strom fahren oder steuern.

***) Zuweilen gebraucht man auch statt eines Seiles eine Kette.

um die Fähre bey niedrigen wasserständen an die Ufer an zu winden, auf welche Anfahrtbrücken angebracht sind.

In dem Schiff ist hinten eine Kajüte *E.* (Fig. 16.) befindlich, worin die Fährleute wohnen. Nach dieser Kajüte, so wie nach dem Vordertheil der Schiffe, gehen Treppen hinab. Wie diese Schiffe im Innern construirt sind, zeigt diese citirte Figur.

Jedes Schiff hat ein Steuerruder *F.* (F. 16. u. 17.) und diese Ruder werden parallel gestellt, damit die Fähre einen spitzen Winkel mit dem Strom macht. Da sie von den Ankern und dem Gierseil gehalten wird, so mufs sie sich in der Queere des Stromlaufes bewegen, folglich von einem Ufer zum andern gehen. Damit aber die Ruder in der parallelen Lage (während der Fahrt) stehen bleiben, wird darüber eine mit Haken endende Stange gelegt; auf diese Weise gebraucht man nur einen Steuermann, denn das eine Steuerruder verändert auch die Richtung des andern. Das Gierseil *B. B.* ist etwa drey Zoll dick; damit, wenn es reissen sollte, die Fähre nicht weit flufsabwärts getrieben werden kann, so hängt an einer Kette und an jedem Vordertheil der zwey Schiffe ein schweres Anker, und diese zwey Anker werden dann ausgeworfen; an jedes ist ein Seil, welches um die Winden *D.* läuft, befestigt.

Beym niedrigen Wasserstande, wobey die Geschwindigkeit des Stromes abnimmt, mufs man diesem mehr Stofsfläche darbieten; also nicht nur die zwey Seitenwände der Schiffe ihm entgegenstellen, sondern das in der Mitte der Fähre, zwischen beyden Schiffen, unterhalb der Pallwalze *A.* angebrachte Schütz *S.* (Fig. 15), welches an Seile, die um einen Haspel gehen, hängt, ins Wasser herablassen.

Die Anfahrten einer solchen *Fliegenden-Brücke* bestehen entweder aus an Pfählen gelegten Flossen, oder aus zwey Prahmen, die längs Pfählen auf und abgleiten können, worauf der Brückenweg gelegt ist. Je nachdem der Flufs fällt, wird aus diesen Prahmen das darin eingelassene Wasser ausgepumpt; beym Steigen des Stromes wird dessen noch mehr eingelassen, oder man beschwert diese Anfahrtbarken mit Steinen. Von einer Barke zur andern liegt der Brückenweg.

Je näher man dem Lande zukömmt, desto mehr wird die Fähre vermittelst ihrer Ruder in die Richtung des strömenden Flusses gestellt, um langsam ans Ufer oder an die Landbrücke anzukommen.

Zum Behuf des Höher- oder Niedrigerstellen der Landbrücke kann man auch in ihre Barken ein aus zwey Säulen mit Schrägstützen vertikal gehaltenes Gerüst (an jeder Seite) und zwischen diesen eine in drey Muttern stehende Schraube anbringen, welche von der untersten Mutter getragen wird, die man zwischen den 2 Säulen, in denen sie auf und ab gleitet, auf und nieder schraubt. Man kann statt der hölzernen Schraube auch eine stählerne anbringen, wie dies bey der Schiffbrücke von Mainz geschehen, und in *Schulzens* Beyträgen zur Wasserbaukunst S. 14. beschrieben ist.

Auch bey Joch-Landbrücken kann man ähnliche Einrichtungen treffen; ja bey der Schiffbrücke zu Rouen hat man sich zu dem Hoch- und Niedrigerstellen der Landbrücken einiger Tonnen bedient.

§. 193. Sobald der Strom mit Treibeis geht, wird die *Fliegende-Brücke* an einen sichern Ort (in ein Altwasser oder einen Hafen) gebracht, nach dem Ablauf der erstern durch Eisgang erzeugten Hochgewässer aber wieder gebraucht.

§. 194. Ich beschliefse diese Darstellung der besten Fähren mit der Bemerkung: dafs man die erstern im 191. §. beschriebenen Fähren dergestalt vergröfsern könne, so dafs sie beynahe eben so grofs, als die hier beschriebene sogenannte Fliegende-Brücke seyn kann, und das wird bey einer frequenten Passage und daselbst nothwendig, wo in dem Flufs ausgedehnte Sandbänke liegen, welche den Giernachen der Fliegenden-Brücke eine ungestörte Bewegung nicht zulassen, folglich nicht eine solche Fähre wohl aber die oben §. 191. erwähnte gebraucht werden kann.

§. 195. Die *über Kanäle anzulegenden festen Brücken* haben mit den andern Brücken, ausser dafs sie hoch genug zur Durchfahrt der Schiffe seyn müssen, alles gemein. Die unbeweglichen, also die massiven Kanalbrücken werden der bequemen Durchfahrt der Schiffe wegen gewöhnlich nach einem vollen Kreise gewölbt, und der Gurt liegt 4 bis 6 Fufs über dem Wasserspiegel des Kanals. Vor das eine Widerlager hinaus erhalten sie einen Ziehweg. Zu diesen massiven Kanalbrücken mag indessen auch die verkehrte Ellypse angewendet werden, weil dieselbe die Höhe des Bogens, worunter das Schiff geht, vergröfsert *). In solchen Brücken wird auch wohl in der Mitte eine kleine Oeffnung Fig. 20. Tab. 130. für den Durchgang der Schiffsmasten gemacht, die mit zwey Klappen bedeckt wird. Den Steinschnitt des Bogens ordnet man dergestalt an, dafs der Druck des obern Gewölbsteins auf den nächsten untersten so statt findet, dafs dessen vorderer Theil eine geringere Last als der hintere zu tragen hat. Die Konstruktion der Kays von *Pelletier* und *l'Horloge* zu Paris (II. B. S. 138.) geben von diesem Steinschnitte nachahmungswürdige Beyspiele. Die zwey gegeneinander schlagenden Klappen werden in diesen Brücken nur so schmal gemacht, dafs der Mast eines Schiffes dadurch geht, und man rundet sie gegen die Mitte dergestalt ab, dafs derselbe sie, ohne Hülfe eines Mannes, aufhebt; ist das Schiff passirt, so fallen beide in Zapfen bewegliche Klappen zu. Ueber einige Kanäle in Holland liegen solche Brücken, wie sie in Fig. 20. Tab. 130. dargestellt ist, und deren Halbgewölbe von vier bis sechs eisernen Zugstangen *a b* gehalten werden. Diese Figur zeigt rechts den Steinschnitt des Innern, und links den der äussern Flächen.

§. 196. Gewöhnlich werden nur auf solchen Kanälen, die von Mastschiffen befahren werden, so wie auf Festungsgräben eigentliche *Zug-* und *Drehbrücken* ange-

*) Auf Tab. 129. ist eine chinesische einen gedruckten Bogen bildende Kanalbrücke, die einigen europäischen ähnlich ist, dargestellt.

legt, weil die Stange oder der Mast der Kanalbarken, woran das Zugseil befestigt ist, ehe man an eine Brücke kommt, niedergelegt werden kann. In diesem Fall springt der Treiber des Pferdes ab, läuft auf die Brücke, um das Zugseil aufzufangen, und wirft es auf das unten die Brücke passirende Schiff. Der Steuermann oder ein Schiffsknecht empfängt es, richtet die Stange wieder auf, legt den eisernen Halbring darum, und befestigt das Zugseil daran. Damit das Schiff aber unter der Brücke durchläuft, so wird schon einige Hundert Schritt vorher das Pferd in Trott gesetzt, um dem Schiff den nöthigen Schub zu geben. Man sieht hieraus, dafs dieses Manoeuvre einigen Aufenthalt im Zug des Schiffes macht, und dafs, wo ein Weg- oder Brückgeldeinnehmer oder ein Schleusenwärter wohnt, der auch die Brücke öffnen und in ihr Lager wieder einrichten kann, Zug- und Drehbrücken den Vorrang vor stehenden Brücken verdienen. Nothwendig sind sie aber bey Kanälen und Schleusen, die von Schiffen mit Masten befahren werden, und bey Festungsgräben.

§. 197. Die zur Durchlassung der Schiffe dienenden *Zugbrücken* (Tab. 100. Fig. 1. 2. 3.) müssen dergestalt konstruirt seyn, dafs die Brückenklappe *a b* die schwerste Last und das gröbste Geschütz, welches dieselbe passirt, trage, dennoch so leicht beweglich sey, damit ein Mann dieselbe in die Höhe ziehen und in die Richtung *A. B.* legen kann. Zur Erleichterung dieses Manoeuvres werden, zwischen den zwey Wippbäumen, *d c* und *f g*, in dem Felde *h*, so viel Steine als dazu nöthig sind, gelegt. Damit die Zugklappe eine desto gröfsere Last trage, werden auch wohl die Tragbalken *a b* gekrümmt und aus zwey verzahnten Hölzern zusammengesetzt. Gradlinigte Tragebalken können, nach der in der Zeichnung angegebenen Konstruktion, eine Weite von 25 Schuh, gekrümmte und verzahnte Balken aber von 36 bis 40 Fufs überspannen. Vorzüglich ist aber bey solchen Kanälen, die vor dem Hauptwall einer Festung sind, eine lange Brückenklappe nothwendig, weil man darüber nur nach der Wallseite, *eine* Klappe aufziehen darf. Die Konstruktion solcher einfachen Zugbrücken ist in den angezogenen Figuren und in Fig. 4. 5. und 6. dargestellt. Ich bemerke dabey nur Folgendes: 1) Ist bey *m* ein Klinkhaken angebracht, der an eine Feder stöfst und in einen an die Brückensäule befestigten Ring einschlägt, um die Brücke offen, d. i. in die Richtung *A. B.* zu erhalten. 2) Die die Brückensäulen haltenden vier Streben *n o* und *p q* können von 1½ Zoll starkem Eisen gemacht werden. 3) Die an jedem Wippbaum angebrachten zwey Drehpunkte *r* zeigen Fig. 5. und 6. deutlich.

Da die Aufrichtung einer solchen neuen Zugbrücke mühsam ist, wenn man nicht den Richtbaum anwendet, so habe ich in Fig. 3. das Manoeuvre dargestellt. Der Richtbaum gehört überhaupt zu den nützlichsten Hülfsmitteln beym Brückenbau; er kann, wie er hier dargestellt, oder wie er im II. Bande S. 205 beschrieben ist, auch so wie ihn die Italiener Fig. 7. (*a*) Tab. 100. gebrauchen, oder wie ich ihn beym Brückenbau Tab. (111) angewendet habe, eingerichtet seyn. Er mufs loth-

recht gestellt werden. Der in Italien gebräuchliche Fig. 7. (Tab. 100.) mufs in eine Schwelle *b* stehen, und von den Halt- oder Spannseilen *h* im Gleichgewicht gehalten werden. Mittelst der Erdwinde *l*, der Rolle *m* und den Kloben *o* und *i*, an welchem letztern die Last hängt, geschieht das Manoeuvre des Aufzugs. Wenn ein Baum nicht lang genug ist, so werden zwey, wie *a c* zeigt, miteinander verbunden. Zur bessern und genauern Anspannung der Haltseile, um den Richtbaum lothrecht zu stellen, dienen die Rückseile *q q*, welche mittelst den Walzen *x* und *s* und den Scheiben *p* und *r* (hinter dem Baum *a* ist noch eine Scheibe angebracht) angezogen werden.

§. 198. Ueber breite Kanäle mufs man den Zugbrücken zwey znsammenschlagende Klappen geben. (Fig. 8. 9. Tab. 100.) Die Stabilität dieser Brücke wird von den zwey Streben *a a* bewirkt, welche sich in die Höhe ziehen lasssen, und von dem Gewichte *b* in ihrer schrägen Stellung erhalten werden.

§. 199. In den Niederlanden liegen über die mehresten Kanäle *Wippbrücken*, wie sie in Fig 11. 12. 13. Tab. 100. dargestellt sind. Auf der Welle des eisernen nen Sprossenrades *a* ist ein Getriebe *b* angebracht, welches in dem gezahnten Kreise *e*, der an der Wippklappe *d d* befestigt ist, eingreift, folglich die Brücke aufzieht, wenn man das Sprossenrad darnach dreht. Diese Brücken sind sehr bequem, können von einem Kinde aufgezogen werden, liegen auf ein Unterlager fest auf, und überspannen eine Oefnung von 36 bis 40 Schuh, wenn nämlich die Tragbalken aus zwey verzahnten Hölzern bestehen, auch etwas gekrümmt sind; die angezogenen Figuren und Fig. 14. 15. u. 16. zeigen ihre Konstruktion deutlich.

§. 200. Eine andere Art Wippbrücken habe ich in *Brüssel* auf dem nach *Antwerpen* gehenden Kanal angetroffen, aber sonst nirgends. Sie ist in Fig. 19 bis 24. mit allen Details dargestellt.

§. 201. Ueber Schleusen von grofser Weite ist die vom Ingenieur *Lamblardie* zu *Havre* erbaute Wippbrücke (Tab. 100. F. 17. und 18.) vortreflich. Dieselbe bestehet aus den zwey Brückentheilen *k* und *l*, wovon jeder, mittelst zweyer Wellen *d*, mit dem über eine Scheibe *e* gehenden Seile *f* aufgezogen wird. So wie dieses Aufziehen geschieht, greifen kleine an denen an beyden Seiten angebrachten Quadranten *k* gemachten Einschnitte in die Zähne *i*. Diese Quadranten erhalten die stabile Bewegung der Brücke. Vier an eine gemeinschaftliche bewegliche Welle *m n* befestigte Stützstreben *a b*, wovon die zwey äufsern mit den Tragbalken *k o*, mittelst einer eisernen Zugstange *c d*, in Verbindung stehen, unterstützen jede Hälfte der Brücke; sie sind auch mit einer eisernen Stange *o p* untereinander verbunden. Der Hintertheil der Brücke ruht auf einer aus drey Hölzer *g* bestehenden Stütze, die an die Schwelle *q* befestigt ist. Zum Oeffnen der Brücke werden zwey an diese Stütze befestigte Haken *r* zurückgezogen, und ihre Klappe legt sich dann an die Mauer an, so dafs der Hintertheil in dem für sie bestimmten, in der Seitenmauer gemachten

Ausschnitt, mittelst den Zugwellen *d*, heruntergezogen wird. Das Oeffnen und Schliefsen dieser Brücke geschieht so leise, dafs man nichts davon hört, und über die Brücke gehen die schwersten Lastwägen, ohne dafs sie sich bewegt.

§. 202. *Drehbrücken* Fig. 25. bis 28. Tab. 100. werden horizontal gedreht. Sie sind vorzüglich bey Schleusen und gemauerten Kanälen bequem, wo die Widerlagen keinen Raum für die eine Abtheilung der *zug-* oder *wippklappe* gestatten. Die besten Brücken der Art liegen über der Schleuse am Bassin zu *Cherbourg*, an dem Bassin zu *Dünkirchen*, in *Dortrecht* und in mehrern Städten Hollands. Auf dem Kreise *a*, der von Stein oder Holz gemacht und mit eisernen Schienen beschlagen ist, läuft der Drehkranz *b*, dessen Scheiben *e* von Holz, die man eine Stunde in siedendes Oel legen mag, oder von Metall, bestehen. Andere Drehbrücken bewegen sich über einen Zapfen, und haben denn, wie die Drehbrücke zu *Cambray*, (Fig. 29. bis 32. Tab. 100.) einen horizontal liegenden gezahnten Quadranten, worin ein vertikal stehender Drehling eingreift, dessen lothrecht stehende Welle oben auf der Seite der Brücke gedreht wird. Andere werden ohne diesen Quadranten mit der Hand gedreht, indem sie gleichfalls auf einem Zapfen beweglich sind.

§. 203. Zu den merkwürdigsten Drehbrücken kann die von *Cessart* an dem alten Bassin zu *Havre* angelegte Brücke gezählt werden. Er hat dieselbe in seiner *Déscription des travaux hydrauliques* beschrieben.

§. 204. Endlich gehen auch Wege unter Kanäle durch; sie müssen gewölbt seyn und können zugleich zum Durchlassen des Regen- und Schneewassers dienen. Diese Durchgänge ersparen also die Brücken. Wahrscheinlich sind sie die Veranlassung zu dem Vorhaben gewesen, oberhalb *London*, unter der Themse, einen Weg zu eröffnen, den unser verewigte *Lichtenberg*: eine *Negative-Brücke* nannte. Eine Unternehmung, die aber nicht zu Stande gekommen ist.

SECHSTES KAPITEL.

Von den steinernen Brücken und Aquäducten.

§. 205.

Die Aufführung der steinernen Brücken erfordert eine genaue Bekanntschaft mit den Gewölben, den Fundationsmethoden grofser Bauwerke und den Vortheilen bey ihrer Ausführung. Da sie vorzüglich von der Erfahrung begründet wird, bey dem Entwurf der Brücken eine mannigfaltige Abwechslung statt findet und die Verhälsnisse der wesentlichsten Theile der vorhandenen Brücken unter sich ausserordentlich abweichen: so glaubte ich, der Wissenschaft mit einer tabellarischen Darstellung von den merkwürdigsten Brücken von Europa zu nützen, und entschlofs mich, die zu dieser Seite gehörige Uebersicht zu entwerfen. Ich habe sie aus den sichersten Quellen geschöpft, und bin mit einer gewissenhaften Sorgfalt, bey Benutzung meiner grofsen eine bedeutende Summe kostenden Sammlung von Zeichnungen und Materialien, zu Werke gegangen. Ich habe auf die Ausarbeitung dieser Tabelle einen Monat Zeit und sehr mühsame Nachforschungen verwendet. Die Wichtigkeit dieser Uebersicht wird der Leser noch mehr zu würdigen Gelegenheit haben, wenn derselbe die Beschreibung der Brücken liefst. Ich habe dieselbe deswegen auch in französischer Sprache gegeben, damit sie zu einer französischen Ausgabe dieses Werks dienen kann.

§. 206. Von dem Gesichtspunkte ausgehend, dafs die Bekanntschaft mit den bestehenden Brücken äufserst lehrreich ist, so will ich jetzt den allgemeinen Grundsätzen und Maximen, die der Ingenieur beym Entwurfe und der Ausführung steinerner Brücken zu befolgen haben wird, die Beschreibung der merkwürdigsten Brücken voranschicken.

Erster Abschnitt.

Beschreibung der merkwürdigsten steinernen Brücken in Europa.

§. 207. Ich werde hier einige von ältern Schriftstellern beschriebene Brücken nicht erwähnen, weil mir die davon vorhandenen Notizen übertrieben zu seyn scheinen, wie ich dies bereits von der von Trajan in Panonien über die Donau erbauten Brücke zu beweisen gesucht habe. Auch möchte ich daran zweifeln, dafs der Kaiser Iustinian über den Flufs *Sandaris*, in Kleinasien, einen vollen Kreisbogen von 200 Fufs Oeffnung hat aufführen lassen, wie die von Vulcanius Bonaventura, aus dem

Griechischen ins Lateinische übersetzte Anzeige, welche Porphirogenetes verfaſste, sagt. Ich beschränke mich also auf diejenigen Brücken, von denen ich glaubwürdige Nachrichten und Zeichnungen erhalten habe, und ich ordne diese Materie gröſstentheils nach den Nummern der zu diesem Werke gehörigen Kupferplatten, so daſs nach und nach die auf einer Platte gestochenen Brücken und Aquäducten vorkommen. Vonsolchen, deren wesentlichste Bestandtheile in dem Tableau S. 484. (nach Maaſsen) angegeben sind, werde ich nicht immer die Gröſse oder das Maaſs dieser Bestandtheile anführen; der Leser, welcher davon unterrichtet seyn und das Erbauungsjahr wissen will, wird darin nachsehen können.

So weit meine Nachrichten über die vorhandenen Brücken gehn, werde ich die wichtigsten bey ihrem Bau vorgekommenen Ereignisse und Hülfsmittel anführen, weil diese Bemerkungen das Gebiet der Erfahrung bereichern; ich werde diese nur alsdann übergehn, wenn sie in dem folgenden Abschnitte dieses Kapitels vorkommen, oder bereits im II. Bande vorgetragen sind.

§. 208. *Die Brücke von Fabricius zu Rom*, Tab. 125. und 129., jetzt *Quatro capi* genannt*), führt von der sogenannten Tiber-Insel (St. Bartholomäus-Insel) auf das linkseitige Ufer, Fig. 5. Tab. 125. Sie ist von dem Vorsteher des Brückenbaues, *Fabricius*, im 692. Jahre der Republik gewölbt**) Kaum hatte sie 40 Jahre gestanden, als ihre Fundamente und Widerlager unter dem Consulate von *Lolius* und *Lepidus*, im 23. Jahre der Regierung *Augusts*, verstärkt werden muſsten. Zu dieser Zeit wurde auch der Vorfuſs des Pfeilers verlängert. Diese Brücke (Fig. 1. Tab. 125.) besteht aus zwey 78 Schuh weiten vollen Kreisbögen, und in der Mitte über dem Pfeiler ist eine 19 Schuh, und auf jeder Seite im Widerlager eine zwölf Schuh weite Oeffnung, die zur Abführung der Hochgewässer dienen, angebracht. Sie wurde vom Papst *Innocenz XI.* (1680) wieder hergestellt, und man gab ihr zwey aus Steinen bestehende Brustgeländer. Der Durchschnitt von den Bögen ist in Fig. 2. Tab. 125. dargestellt.

*) Die Zeichnungen werden hier so geliefert, wie sie Piranesi als ein Alterthum in seinem Werke giebt: *Le antichita Romani di Giambattista Piranesi*, Tom. IV.

**) Man hält dafür, daſs zu Rom die ältesten Gewölbe die Cloacken sind. Sie wurden etwa vor 2394 Jahren, unter dem König Tarquin, zur Abführung des Unraths und des Wassers, aus den niedrigen Bezirken zwischen den Hügeln und beim Forum, angelegt. Diese unterirdischen Gewölbe sind etwa 14 Fuſs weit, und nach Halbkreisen construirt. Drey Lagen Gewölbsteine, deren Fugen zwar nach dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte gehen, aber nicht aufeinander treffen und kaum sichtbar sind, weil Stein an Stein stöſst, liegen ohne Mörtel übereinander. Unter *August* wurden sie wieder hergestellt, und diese Ausbesserung soll 1000 Talente, etwa 3 Millionen Gulden, gekostet haben. Sie beweisen eben sowohl, als die römischen Brücken, so wie die Gewölbe des *Friedenstempels* und die Kuppel des *Pantheons*, daſs die Römer sehr frühe die Kunst verstanden, Gewölbe aufzuführen; ausser den letztern sind die Gewölbe dieser Werke von Werkstücken. Der Uebersetzer des *Vitruv's Perrault* hätte daher in seiner Parallele des anc. et modern. Tom. 1. pag. 171. nicht das Gegentheil behaupten mögen. Er mochte sich auch erinnern, daſs Vitruv selbst L. 6 c. 2. von den Bögen aus keilförmigen Steinen handelt.

Die Gewölbsteine *A.*, welche bis ohnweit dem Schlufsstein zwiefach aufeinanderliegen, bestehen aus Tuf- und festem Sandstein*). *Piranesi* hat die Fundation dieser Bögen über einen unsichern Grund sinnreich angegeben; wenn sie daher auch nicht ganz richtig seyn sollte, so bleibt sie dennoch lehrreich. Deswegen habe ich den Piranesischen Durchschnitt in Fig. 2. stechen lassen, worin *L.* der Pfahlrost, *B.* die aus harten Sandsteinen bestehenden Grundlagen, *D D.* die von den Consuln angeordneten Bogentheile, welche bis zur horizontalen Mauer fortgehen, und den doppelten Kreisgewölben *A. A.* so wie den Brückenöffnungen *H H* Fig. 1. zu Stützpunkten dienen; Fig. 2. sind zum Tragen des flachen das Flufsbett bildenden Gewölbes *N.* bestimmte Bögen, und *G.* zeigt, wie der Pfeiler unterstüzt ist. Dieser tritt an beyden Seiten vor dem Kreisgewölbe hervor, woraus (Fig. 4.) fünf Steine *o* etwas vorstehen, die wir auch an den Seiten des Pfeilers in Fig. 3. sehen, und die ohne Zweifel das Lehrgerüst getragen haben. Der in Fig. 2. mit Punkten angegebene Raum soll aus einem aus Kiesel und Cement bestehenden Füllmauerwerk gemacht seyn. Wie der Pfeiler der Länge nach construirt ist, zeigen Fig. 3. und 4. Piranesi sagt, dafs das Flufsbett (Fig. 1.) voller Ruinen liege. Es wäre demnach für die Entdeckung wichtiger Kunstschätze zu wünschen, dafs man der *Tiber* auf einige Zeit einen andern Lauf geben könnte. Einige behaupten auch, dafs Hadrian zur Ausführung des ungeheuern Grundlagers der Engelsbrücke, die Tiber abgeleitet, oder wenigstens diesen Flufs zur Hälfte des Baubezirks trocken gelegt habe; dies letztere scheint mir sehr wahrscheinlich. Man könnte dies bey diesem an sich unbedeutenden Flusse auch noch jetzt in Anwendung bringen!

§. 209. Unterhalb durch den rechtseitigen Bogen der Brücke von *Fabricius* sieht man noch bey *z* (Fig. 1.) die Ueberreste der steinernen Brücke: *Pons senatorius.* Man nennt sie jetzt *Ponte rotto* **). Sie war eine der ältesten Brücken Roms, und ist 127 vor Christi Geburt, von *M. Fulvius* erbauet worden. Die aus drey Bögen bestehenden Ueberreste (Tab. 124.) liegen unterhalb der Brücke von Ferrato. Sie ist öfters eingestürzt, wieder erneuert, aber endlich ganz aufgegeben worden. Schon P. Scipio - Africanus und L. Mummius haben sie (als Censoren) ausbessern oder vol-

*) In Rom nennt man den Tufstein, wovon z. B. das Colissaeum gebaut ist, Travertino, und den festen mit grofsen Quarztheilen untermischten Sandstein, Peperin - Stein oder Pfefferstein. Der erstere wird unweit Tivoli gebrochen. Man hat in Rom auch eine andere Art Tufstein, den man dort Tufo nennt, und der weicher ist. Von diesem ist das Innere der Mauern in Coliseo (S. *Winkelmann*: über die Baukunst der Alten S. 4. Der Peperino, welcher eine Art von Lava ist, wurde zu den Cloacken und dem Ablafs des Sees von Albano verwendet, weil er der härteste und befste Stein ist. Seine Quarztheile geben ihm ein buntes Aeufsere, daher, und wegen seiner Farbe, wohl seine Benennung, und nicht vom Orte Piperno (Pipernum) wo er häufig gebrochen wird, gekommen seyn mag. Seine spezifische Schwere ist 1,973, und ein Cubus von 5 Centimêtres hat 5700 Kilogram getragen, ehe er brach. Dieser Stein ist jedoch nicht so hart, als der Travertin.

**) Man sehe auf Tab. 125. den Plan der Tiber - Insel; auf Tab. 129. den geometrischen Aufrifs eines Bogens, und auf Tab. 124. die perspectivische Ansicht dieser Brücke der Senatoren.

lenden lassen. 1364 wurde sie vom Hochwasser der Tiber unterwaschen, und ein Theil stürzte ein. Zwar ward sie wieder restaurirt, aber ihr Fundament nicht mit hinreichender Vorsicht, daher denn 1536 ihr abermaliger Einsturz erfolgte. Der Papst *Paul III.* wollte sie von *Michel Angelo* wieder aufführen lassen, aber der Bau gieng so langsam vor sich, dafs der Papst darüber starb. Jetzt übergab man den Bau an einen Architekten Nanni di Bacio *Biscio*, derselbe brach, was Angelo gemacht, wieder ab, und so wurde denn dieses nützliche und merkwürdige Werk so schlecht hergestellt, dafs es 1551 zum Theil einstürzte. *Gregorius XIII.* liefs diese Brücke abermals ausbessern, aber 1598 legte sich eine von der Tiber hergeführte Mühle gegen einen Pfeiler, das Wasser wurde aufgehalten, des Stromes Gewalt dadurch vermehrt, so dafs über die Hälfte (auf der Seite am Palatinischen Berge) abgerissen ward. So steht sie noch jetzt als Ruine. Sie hat zwischen den Bogen mit Pilaster verzierte und oben gewölbte Nischen, worin wahrscheinlich Statuen gestanden haben. Ihre Breite beträgt 40 Schuh; der gröfste Bogen ist 73 Schuh weit.

§. 210. *Die Brücke von Ferrato oder Cestius, oder auch Bartholomäus-Brücke zu Rom* (Fig. 7. Tab. 125.) führt über den zweyten Arm der von der Insel (Fig. 5.) getrennten *Tiber.* Ihr Bogen mifst 72 Schuh, und jedes Widerlager ist von einem zur Abführung der Hochgewässer dienenden Gewölbe durchbrochen. Sie ward nach Einigen, unter den Kaisern Valentinianus, Valens und Gratianus angefangen und vollendet; wahrscheinlich ist sie aber von *Cestius-Gallus* erbauet. Der Präfekt zu Rom, *Symmachus*, hatte die Oberleitung über den Bau; späterhin wurde sie von einem römischen Senator *Benedictus* ausgebessert. Sie besteht gleichfalls aus harten Tuf- und festen Sandsteinen; ihre Gewölbsteine sind mit in Bley gegossenen Klammern, wie bey der Brücke von Fabricius, verbunden. Zum Ansetzen der Hebstangen haben einige von den Gewölbsteinen vorragende Knollen (ital. Bozze). Vor der Innern-Gewölbfläche stehen (Fig. 8.) bey *B* Tragsteine hervor, welche die Reste eines alten Architravs sind, welches man, zu dieser Brücke, von einem noch ältern Gebäude, verwendete. Diese Tragsteine sind in Fig. 7. mit *L* angegeben und dienten zum Tragen des Lehrgerüstes. Damit sie aber nicht brachen, ist unterhalb eine Oeffnung *D* (F. 8.) *) angebracht, worin ein auf den Karnis *M* Fig. 7. zu setzender Stützstein *E* einpafst **. Der Wasserstand, bis zu welchem sich im Monat August die Tiber gewöhnlich erhebt, reicht bis *m* Fig. 7., das ist, bis zu den Anfängen der Bögen. *B* bezeichnet ein Stück von einem alten Architrave, *D* sind die Ueberbleibsel der jetzt erneuerten Brustwände, und *L* sind, wie gesagt, die Stützpuncte des Lehrgerüstes, so wie auch die Cornische *M*, welche mittelst einer Stütze mit dem Stein *N* in Verbindung gebracht wurde, so, dafs für das Lehrgerüst ein vollkommen fester Stand bewirkt wurde. Ein sehr lehrreiches Beyspiel für die Aufführung der Gewölbe!

*) Man sehe die in der Queere von Fig. 8. Tab. 125. gelegte Zeichnung *C* eines Tragsteines.
**) Siehe rechts bey Fig. 8.

Die Brücke sixti oder Felice zu Rom (Tab. 124.) führt vom Marsfelde über die Tiber, und ist auf derjenigen Stelle, unter Papst *Sixtus IV.* (1475 bis 1478) erbauet worden, wo die Brücke *Janiculensis* gestanden hat. Sie besteht aus vier Bögen, jeder zu 60 bis 66 Fufs Oeffnung; in dem mittlern Pfeiler ist ein rundes offenes Gewölbe (Brückenauge) angebracht. Zuverläfsig hat dieselbe zu erbauen grofse Summen gekostet, denn der Papst verwendete dazu die beträchtliche Erbschaft des Cardinals *Torrecremata*. Nach *Gauthey*, „Construction des ponts“ p. 15., soll dieselbe fünf Bogen haben. Diese Angabe scheint mir aber unrichtig zu seyn! Ich habe nämlich viele Personen gefragt, welche Roms Brücken kennen, die dieser Brücke vier Bögen geben, und von keiner Brücke Berghette, welche Gauthey als in Rom bestehend, beschrieben hat, und die auf Tab. 129. dargestellt ist, etwas wissen.

§. 211. *Die Brücke Aelius oder die Engelsbrücke* Tab. 124 und 125. *zu Rom*, hat drey Haupt- und vier dem Hochwasser einen Abflufs darbietenden Seitenbögen. Ihr Fundament steht mit dem der *Engelsburg* (Mausolaeum Hadrians) in Verbindung; in dieser Hinsicht mag dessen Stärke wohl aufserordentlich seyn.

Der Kaiser Hadrian liefs sie bauen, und nach seinen Familien-Namen hiefs sie Pons-Aelius. Ueber jeden der vier Hauptpfeiler stand ehemals, an jeder Seite, eine Säule, und diese acht Säulen trugen eben so viele bronzene Statuen. In den Zeiten der Barbarey wurden diese sowohl, als das steinerne Geländer, zerstört. Der Papst *Nicolaus V.* liefs sie 1450 erneuern, und die durchbrochenen an marmorne Sockeln sich stützenden Geländer verfertigen (Tab. 124.). Späterhin liefs *Clemens IX.* nach den Zeichnungen *Bernini's*, zehen Colossale Statuen, welche Engel, die die Marter-Werkzeuge tragen, vorstellen, aus weissem Marmor machen, und diese auf die Sockel des Geländers aufrichten, wie sie noch jetzt stehen. Die Sage, dafs auf dieser Brücke ein Engel erschienen sey, soll die Veranlassung dazu gewesen seyn; defswegen hat auch die Brücke ihre neue Benennung erhalten. Von ihrer Construction will ich nur Folgendes anführen, da sie eines Theils aus den auf Tab. 125. dargestellten Kupfern, und andern Theils, was die Verhältnisse ihrer Theile anbetrifft, in der Uebersichts-Tabelle S. 484. dargestellt ist. Die Gewölbsteine einer Reihe der drey mittlern Bögen wechseln nach der Länge des Bogens mit den nächst angränzenden Steinen ab, welches bey den römischen Gewölben erst zur Zeit von Vespasian statt fand, denn als die Republick noch bestand, hat man jede Längen-Bogenreihe der Gewölbsteine abgesondert für sich fortlaufen lassen, welche eine eigene Gewölbrippe bildeten; eine Construction, die man auch bey dem Pont du Gard Tab. 132. antrift, welche aber nicht nachgeahmt zu werden verdient, weil dabey aus den Steinen viel herausgehauen werden mufs, und die Verbindung der einzelnen Theile nicht so gut, als bey der jetzigen Wölbungsart ist. Die erstere Wölbungsart findet man auch, nach Macartney's Reisen, bey den Chinesen, welche ihre Brücken darnach aufführten.

Drey von den Nebenbögen der Engelsbrücke sind, wie Fig. 9. Tab. 125. zeigt, mit Erde angefüllt; nur einer ist offen. Man sieht aus den bey dieser Brücke angezeigten hohen Wasserständen, daſs ein Theil von Rom überschwemmt gewesen sey, daſs also das Grunbett der Brücke zu hoch liegt, und die Tiber sich selbst überlassen war. Noch untedr dem Papst *Clemens VIII.* trat am 19. November 1599 ein auſserordentliches Hochgewässer ein; vielleicht dem ähnlich, welches *Horatz* erwähnt, und das bis zum Tempel der *Vesta* gieng. Wie die Gewölbsteine (nach Piranesi) unter sich durch steinerne und metallene Dollen, Cement und Bleyguſs (nach zwey Seiten) befestigt sind, zeigt die 7. Figur Tab. 125. Die darin gezogenen zwey langen Linien zeigen kleine Rinnen in den Steinen an, worin der aus Gyps und Marmorstaub bestehende Cement gegossen wurde. Um die Grundpfähle sollen, drey Fuſs hoch, Kohlen geworfen seyn; ohne Zweifel, um ihre Fäulniſs zu verhüten, da die Kohlen die Feuchtigkeit einsaugen. Diese Methode verdient bey den Pfahlrosten nachgeahmt zu werden, wiewohl die stets der Luft entzogenen Grundpfähle, wenn sie beym Einrammen gesund sind, niemals faulen.

§. 212. Ich übergehe hier, die zu Rom gestandenen: *Pons Triumphalis* und *P. sublicius*, weil davon weder genaue Zeichnungen, noch bestimmte Nachrichten vorhanden sind. Die letztere soll die älteste Brücke Roms, anfänglich nur eine zum schnellen Auseinanderlegen eingerichtete Pfahlbrücke gewesen seyn. Nach Dio Cassius ist sie vom hohen Strom weggeführt worden. Einige wollen sie, im 722 Jahre Roms, von Steinen erbauet und nach dem Erbauer *Pons Aemilius*, der damals Quästor war, genannt wissen. (Plutarch Dion. Halic Lib. 5. p. 295). Indessen ist sie 791 n. C. G. eingestürzt, und nicht wieder aufgebauet worden. Sie muſs aber nicht mit der *Ponte-Molle*, die man auch nach dem Senator *Aemilius Scaurus*: Aemilius-Brücke nannte, verwechselt werden. Tiberius und Antonin der Fromme haben sie ausbessern lassen.

§. 213. Die vom *Aemilius Scaurus*, *einem römischen Censor*, *auf seine Kosten über die Tiber angelegte Brücke*: *Pons Milvius*, jetzt *Ponte-Molle* genannt, (siehe Tab. 124.) besteht jetzt aus vier 72 Schuh weiten gothischen Bögen und drey Nebenbögen. Sie liegt etwa eine Meile von Rom; darüber führt die Via-Flaminia. Da die gothischen Bögen von den Römern, bey ihren andern Brücken, niemals angewendet wurden, so ist die Angabe einiger Schriftsteller sehr wahrscheinlich: daſs an dieser Brücke alles, ausser den Pfeilern, unter dem Papst *Nicolaus V.* gemacht worden sey. Sie ist übrigens so schmal, daſs sich kaum zwey Wägen darauf ausweichen können. Die eine Auffahrt ist sehr steil, und die Passage war durch den darauf stehenden Thurm gesperrt, wenn es die Umstände nothwendig machten.

§. 214. Die auf Tab. 129. im Aufriſs und auf Tab. 124. perspectivisch dargestellte *salarische-Brücke* geht nicht weit von Rom über den *Anio* oder die *Teverone*. Sie ist unter *Tarquin* dem *ältern* (600 Jahre vor Christi Geburt) erbauet; ihr

gröſster Bogen miſst 65 Schuh. Alle Bögen sind nach einem Halbkreise construirt. Die Breite beträgt 27 Fuſs. Ihre Gewölbsteine sind sehr groſs; sie bilden nach Aussen ein bäuerisches Werk. Ueber dieselbe steht ein alter Thurm, den vielleicht *Narses*, als er sie ausbessern lieſs, errichtete, um den Uebergang über den Fluſs, besser vertheidigen zu können.

§. 215. Die drey Bögen der Brücke *Pilantio über den Teverone* (Tab. 129.) nahe bey Rom auf dem Wege nach Tivoli, bestehn aus Kreisstücken. Sie sind von groſsen Gewölbsteinen aufgeführt.

§. 216. *Die ohnweit Rom über die Teverone führende Brücke* (*Pons mammea*, jetzt *ponte Mamólo* (Tab. 124. und 129.) genannt, hat ihre alte Benennung nach der Mutter des Kaisers *Alexander Severus* erhalten. Sie besteht aus drey Bögen *), jeden von 66 Schuh Spannweite.

§. 217. *Die Brücken della Montana* **) und *Lucanus* (Tab. 124.) sind von den Römern über die *Teverone* erbauet worden. Die letztere liegt auf der Via *Tiburtina*, und wurde von *Tiberium Plautium* wieder hergestellt. Nahe bey ihr steht das Mausoläum dieser Familie. Nach der Form ihrer Bögen zu urtheilen, muſs sie eine der ältesten Brücken des römischen Freystaats gewesen seyn.

§ 218. Die *Bedeckte-Brücke* (pont couvert) zu *Florenz* (Tab. 129.) über den *Arno* heiſst auch die *Alte-Brücke* (ponte vecchio) oder die Brücke der *Goldschmiede*. Sie gehört zu den ersten Brücken, deren Bögen aus groſsen Kreisstücken bestehen; denn die Weite der zwey Seitenbögen miſst 90, und des mittlern Bogens 92 Schuh; diese Bögen fangen beym höchsten Wasserstande an. Ihr Bau soll 1340 begonnen, und von *Taddeus Gaddi* geführt worden seyn. Die Kosten giebt Marperger in seiner Historie und Leben der berühmtesten europäischen Baumeister S. 287 zu 60,000 Goldgulden an. Anfänglich hatte sie oberhalb an beyden Seiten 16 Oeffnungen, die mit einem aus Sparrwerk bestehendem und mit Ziegel gedeckten Dach versehen waren; jetzt sind dieselben, wenn ich nict irre, gröſstentheils zugemauert, und man hat darin Boutiken für die Goldschmiede angebracht, daher auch ihre neue Benennung entstanden ist. Ohnstreitig gehört diese Brücke zu den schönsten Brücken Italiens.

§. 219. Die *Bedeckte-Brücke* (pont couvert) *zu Alexandrien* über den *Tanaro* (Tab. 129.) besteht aus zehn Bögen, die Kreisstücke bilden, deren Weite 49 Schuh 3 Zoll, bis 54 Schuh beträgt. Bereits 1487 waren vier Bögen eingestürzt, welche damals erneuert wurden. Nur ihre Bögen und die 12 Schuh dicken Pfeiler bestehen aus Werkstücken, das Uebrige, so wie die mit einem Dache versehenen Seiten-Arcaden aus Ziegel. Die Dicke der Pfeiler verhält sich zur Oeffeung, wie 1 : 4 bis 1 : 4, 5. Da man das Wasser des *Tanaro*, vermittelst eines Wehres, dergestalt auf-

*) Auf Tab. 124. sieht man nur 2 Bögen, der dritte Bogen ist vom Vorgrund bedeckt.

**) Einige nennen sie auch Ponte Nomentana, andere Ponte Lamontana.

stauen wollte, um dasselbe in die Festungsgräben von Alexandrien zu leiten, so ist seit kurzem von einem Pfeiler dieser Brücke bis zum andern, ein mit Steinen gefüllter Rost (unterhalb dem niedrigsten Wasser) angelegt worden. In jedem Bogen ist ein neuer, aber niedriger Pfeiler errichtet, in welchem Falze angebracht sind, um darin Balken herabzulassen, damit das Wasser, während einer Belagerung, in die Festungsgräben von Alexandrien eintritt.

§. 220. Die *London-Brücke* (vieux pont de Londre) *über die Themse zu London* (Tab. 129.) besteht aus neun gothischen 56 Schuh 11 Zoll 5 Linien bis 60 Fuſs weiten Bögen und 2 kleinen. Ihr Bau begann 1176 und endete 1209. Einige ihrer Pfeiler sind etwas stärker als die Hälfte der Bogenöffnung. Diese plumpe Brücke ist einigemal zerstört, aber immer auf Kosten des Königs oder der Stadt wieder hergestellt worden. Ihre Pfeiler sind auf einen Pfahl- oder Schwellrost, gleichwie die Brücken von Rochester und Newcastle, welches *Huttons* in seinem Tractat über den Brückenbau anmerkt, gegründet. Man füllte den Zwischenraum der nur *einen* Schuh unter dem niedrigsten Wasser abgeschnittenen Grund-Pfähle mit Steinen und Schutt, und schlug über den auf diesen Pfählen gelegten Rost einen massiven Bogen, worauf der Pfeiler gesetzt wurde; eine Methode, die man vielleicht bey der Dresdener Brücke angewendet hat, indem man in den neuesten Nachrichten von den in ihrer Gründung angebrachten Bogen (Contre-Bogen) spricht. Da auf diese Weise die Pfähle bey der Londen-Brücke frey standen, so sah man sich späterhin genöthigt, dieselben mit Steindämmen zu umgeben, und diese sind jetzt so breit, daſs sie einen Wassersturz des Stromes von drey Schuh Höhe bilden, und für die Schifffahrt gefährlich sind. Hätte man die Pfeiler nur so dick gemacht, wie es seyn sollte, darunter 5 bis 6 Reihen Grundpfähle angebracht, den innern Raum dieser Fundation mit groſsen, dann mit kleinen Steinen und Lagenweise mit Cementmörtel gefüllt, mit Steinen bedeckt, und um diese groſse Steinblöcke geschüttet: so würden alle kostbaren Reparationen weggefallen und die Schifffahrt bequem geblieben seyn! Man sagt, daſs dies aus dieser Brücke entspringende jährliche Einkommen Hundert Tausend Pfund Sterling betrage, und daſs zwey Intendanten ernannt sind, die dabey vorfallenden Ausbesserungen zu besorgen. Bis zum Jahre 1787 standen auf dieser Brücke zwey Reihen elende Häuser, und sie glich hierdurch einer schmutzigen Gasse; jetzt hat man von ihr eine freye Aussicht, welche bey allen Brücken statt finden sollte: denn die kühle Luft, und die reizende Ansicht eines Flusses laden die Spaziergehenden ein.

§. 221. Die *Brücke St. Trinita* (Trinité) *über den Arno* zu *Florenz* (T. 129.) besteht aus drey gedruckten Korb-Bögen, wovon jeder nur $\frac{1}{8}$ seiner Oeffnung zur Höhe hat. Die Weite des mittlern beträgt 100 Schuh, und von jedem Seitenbogen 82 Fuſs. Die Stärke der Pfeiler verhält sich zum mittlern Bogen, wie 1 : 3, 9. Auſser den Stirnbögen ist das Uebrige dieser von *Frescobaldi* und *Amanati*, auf Befehl

des Herzogs *Cosmus von Medicis* (1251) erbaueten Brücke, aus Bruchsteinen gemacht. Sie ist die erste Brücke in Europa, deren Bögen nach einer gedruckten Ellypse geformt sind, und verdient daher unsre ganze Aufmerksamkeit.

Florenz hat aber drey schöne über den Arno führende Brücken aufzuweisen, nämlich diese: die *Bedeckte*, und die außer dem Thore St. Frediano liegende, aus fünf Bögen bestehende Ponte alla Carraia.

Unterhalb dieser letztern liegt das lange, einen schönen Wassersturz bildende Wehr, welches einen Canal des Arno mit Wasser füllt. Nicht weit von Florenz liegen noch, die Brücke à Signa mit sieben Bögen; 2) die aus drey gothischen Bögen bestehende Brücke beym Kastell Fiorentino; 3) die sieben Bögen zu St. Pietro à Sieve. Endlich wird die *Marmor-Brücke* (pont de marbre auf Tab. 129.) über einen Canal in Florenz liegen. Sie gehört zu den schönsten und kühnsten Brücken in Europa. Sie soll von *Michel-Angelo Buonaroti* erbauet worden seyn, und hat, wie Gauthey in seinem Traité des ponts sagt, mit der Fleischbrücke zu Nürnberg viel Aehnliches, nur daſs ihr Bogen nach der von ihm mitgetheilten und hier aufgenommenen Zeichnung, weiter ist, denn er miſst 140 Schuh. Sie soll ganz aus Marmor bestehen.

§. 222. Die *Brücke von Capo-Dorso in Sicilien* Tab. 129. besteht aus einem 99 Fuſs weiten Bogen und zwey kleinen Gewölben in ihren starken Widerlagern. Ihre geringe Breite von 16 Schuh 6 Zoll läſst nicht zweifeln, daſs sie römischen Ursprungs sey, denn alle Brücken der Römer, mit Ausnahme der in Rom, sind sehr schmal.

§. 223. Die *Westminster-Brücke zu London*, über die *Themse*, (Tab. 129.) gehört zu den gröſsten Brücken des 18. Jahrhunderts. Sie verdient, sowohl der Fundation, als der Wölbungsart ihrer Bögen wegen, die Aufmerksamkeit eines jeden Ingenieurs. Dreyzehn groſse und zwey kleine volle Kreisbögen, bilden ihre Gewölbe. Der Erbauer, *La Belye*, hat dabey, die *Fundation in Kästen*, angewendet, welche Methode in Ebbe- und Fluthströmen die bequemste und sicherste ist, sobald die Fundation tief unter der Ebbe gelegt werden soll. Er hatte indessen viele Widersacher, aber die vom Parlement zum Bau ernannte Commission fand in ihm den Mann von Genie und Thätigkeit; sie ertheilte der vorgeschlagenen Fundations-Methode und dem Plan der Brücke den Vorzug vor allen übrigen Entwürfen. Die Breite der Themse betrug 1220 Schuh. Während der niedrigsten Ebbe betrug die Tiefe in der Fluth-Stromrinne 6 Schuh, und in der Ebbe-Stromrinne 8 Schuh; ein Beweis, daſs der Fluſsstrom eine gröſsere Geschwindigkeit, als der Fluthstrom haben sollte, wenn der Grund des Flusses gleich fest wäre. Aber dieser Fall findet hier nicht statt, und der Fluthstrom legt drey Schuh in der Secunde zurück, wenn der Ebbe oder Fluſsstrom nur $2\frac{1}{2}$ Fuſs macht. Die Fluth steigt hier 7 bis 17 Fuſs. Der Grund besteht aus Kiesel und wenig Sand. Diese Kiesellagen waren bey der Untersuchung sehr compact.

Im Jahre 1738 wurden der Commission des Parlaments verschiedene Entwürfe vorgelegt, die sich aufser dem Vorschlage von La Belye, auf hölzerne Brücken bezogen. Sie entschlofs sich, diesen einsichtsvollen Mann zu ihren Ingenieur zu ernennen; anfänglich mit aller Sorgfalt, steinerne Pfeiler aufzuführen, welche nach oben zu eine geringere Dicke, als unten erhielten, um zuerst eine hölzerne Brücke darauf zu setzen. Späterhin dieselben zu den aus Werkstücken bestehenden Bögen zu gebrauchen. Diese Idee wurde aber 1741 aufgegeben, und die Brücke gleich aus Steinen zu erbauen beschlossen. Nach La Belye's Entwurf erhielt die Brücke 13 grofse und 2 kleine Bögen, so, dafs die Aufstauung der Themse vor dieser Brücke nur 3¾ Zoll beträgt, da sie doch bey der London-Brücke 4 Schuh 9 Zoll ausmacht.

Die zwey ersten Pfeiler der Westminster-Brücke haben zwölf, der dritte an jeder Seite dreyzehn, der vierte vierzehn, der fünfte fünfzehn, der sechste sechszehn und der siebente siebenzehn Fufs zur Dicke, (Londner Maafs) und sind ganz aus Werkstücken von Portland-Steinen aufgeführt, deren Laagen hat man im Innern mit eisernen in Bley eingelassenen Bändern verbunden; die Stärke der Widerlager beträgt 76 Schuh, und die Weite der zwey ersten Bögen 25, des dritten Bogens an jeder Seite 52, des vierten 56, des fünften 60, des sechsten 64, des siebenten 68, und des mittlern Bogens 72 Schuh. Die Breite der Brücke von 44 Schuh ist in dem 28 Schuh breiten Fahrwege und den beyden Trottoirs getheilt. Die Vorköpfe der Pfeiler bilden gleichschenklichte Dreyecke; sie sind fünf Fufs unter den niedrigsten Wasserstand auf einen Schwellrost gesetzt, welcher auf den geebneten aus festem Kiesel bestehenden Grund ruht. Die auf jeder Seite zu 25 Schuh verlängerten Widerlager haben Treppen, um zur Themse hinabzusteigen. Die Gewölbsteine dieser Brücke sind nicht mit scharfen Kanten, sondern nach Art eines bäuerischen Werkes, selbst in der Innern-Gewölbfläche, zugehauen worden, wodurch viele Arbeit erspart, und der Druck oder die Pressung auf die Kanten, folglich das Springen der Steine verhindert ist. Vielleicht hat man, dieser Ursache wegen, das bäuerische Werk, welches ich bey den Widerlagern der Münchner Brücke (Tab. 133.) anwendete, eingeführt.

Wenn man beym Bau dieser Brücke die einfache Methode, welche ich bey Versenkung der Schwellroste angewendet habe, gekannt, und den Rost der Pfeiler auf einen Pfahlgrund nur vier Fufs unter der Ebbe hätte legen, und die ersten Steinschichten nur bey der niedrigsten Ebbe aufbringen wollen, so würde man sich folgender von *La Belye* angewendeten kostbaren Methode, bey Aufführung der Pfeiler, nicht haben bedienen dürfen; indessen würde sie einen Pfahlgrund nöthig gemacht haben! La Belye beschlofs, die Pfeiler auf dem natürlichen Grunde, welcher etwa fünf Schuh ausgebaggert und worüber ein Steinwurf gelegt wurde, in Kästen zu erbauen. Der 10 Schuh unter dem niedrigsten Wasser versenkte Boden eines solchen Kastens bildete zugleich den Rost des Mauerwerks; die Seitenwände wurden dergestalt zusam-

mengefügt, dafs man sie nach, Aufführung des Pfeilers, wieder auseinander nehmen und zu neuen Kästen, also zur Aufführung eines zweiten Pfeilers gebrauchen konnte. Jeder Kasten wurde auf einer in der Themse zwischen Pfählen eingeschlossenen Rüstung aus Fichtenholz gezimmert, von dieser aufs Wasser gelassen, und dessen innerer Raum ward rund um fünf Schuh breiter als die Mauer. Er wurde auf dem durchaus horizontal geebneten Grunde, oben und unten zwischen an Pfählen gemachten Gurtungen, nach welchem Seile liefen, heruntergesenkt, indem man ihn beschwerte. Rund um den Kasten wurden Pfähle geschlagen, deren Zwischenräume man mit Steinen füllte, und die mit der im II. Bande S. 483. beschriebenen Säge bis zu seinem Boden abgesägt wurden. *Belidor* hat übrigens (§. 863—871.) diese Kästen und die Methode der Versenkung aus der Schrift von La Belye dargestellt; da nun die Kupfer dieses Werks ohnehin sehr zahlreich sind, so verweise ich denjenigen, welcher sich hierüber näher unterrichten will, auf diese citirten Stellen. Nur das einzige mufs ich bemerken, dafs der Kasten von dem bey jeder Fluthperiode darin eingefallenen Wasser, während der Ebbe, durch ein Schütz ausgelassen, und von dem, welches darin blieb; durch Ausschöpfung befreyt wurde, nachdem das Schütz verschlossen war. Dasselbe wurde gleich anfänglich bey jeder Fluthperiode geöffnet und so dafs Wasser in den Kasten gelassen, welcher dann auf den Grund versank und dem Andrange der Fluth Widerstand leistete; endlich hielten ihn die darin aufgeführten Steinlagen auf den Grund nieder. Als diese zwey Fufs über der Ebbe emporgestiegen waren, wurden die Seitenwände des Kastens abgenommen und zu einem zweyten Kasten verwendet. Diese Gründungsmethode auf den natürlichen Boden bewährte sich indessen bey der Brücke von Westminster keineswegs, und der Ingenieur sollte sich dazu nur daselbst entschliefsen, wo man die Schlagung der Grundpfähle nicht anwenden kann.

Die Gewölbe bestehen aus doppelten Bögen übereinander; die untern Gewölbsteine sind 3 bis 5 Schuh hoch; sie bestehen aus festem Portlandstein, und in den Schenkeln sind die Bögen 3 bis 5mal dicker, als in der Mitte, so dafs alle Theile der Gewölbe im Gleichgewicht stehn, folglich der Seitendruck aufgehoben ist.

Im Iahr 1747 mufste ein sich gesenkter Pfeiler, folglich auch die beyden daran stofsenden Bögen abgebrochen und von Neuem errichtet werden, wobey die nächsten Pfeiler nicht im Mindesten überwichen. In den Seitenflächen gehen die Gewölbsteine bis in die Pfeiler hinab; eine Methode, die La Belye sehr anrühmt, und die, wenn es seyn kann, nachgeahmt zu werden verdient, welche wir auch früher bey der Fleischbrücke in Nürnberg und andern Brücken, so wie später bey der Blackfriars-Brücke zu London angewendet finden. Von zwey zu zwey Bögen sind Oeffnungen oder Löcher in den Gewölben, zur Ablassung des Wassers, angebracht. Ohngeachtet aller Vorsicht, welche bey Ausführung der Gewölbe angewendet wurde, erzeugte doch, wie gesagt, der Umstand, dafs die Pfeiler nicht auf einen Pfahlrost aufgeführt

worden waren, die Senkung eines Pfeilers, welche kaum einen Schuh betrug, die Abnahme und abermalige Wölbung zweyer Bögen, die auch glücklich zu Stande gebracht worden ist.

§. 224. *Die Brücke von Semur über den Armançon*, (Tab. 129.) ist vom Ingenieur *Dumorey* (1780) erbauet worden. Sie besteht aus einem vollen Kreis von 72′ 0″ 5‴ Oeffnung. Ihre aus Bruchsteingemäuer bestehenden Widerlager sind 40 Schuh hoch, aber an der Grundfläche nur 9 Schuh dick; sie wichen ihrer Schwäche wegen bereits stark über, und mufsten mit Strebepfeiler unterstützt werden. Nach der von mir im II. Bande S. 674. gegebenen Regel hätte man der Grundfläche dieser Widerlager eine Breite von 12′ 6″ geben müssen.

§. 225. *Die bey Rimini über die Marachia führende Brücke* (Tab. 129.) besteht aus fünf Halbkreisen von 21 Schuh 7 Zoll, bis 25 Schuh Oeffnung. Sie hat wegen der über die Pfeiler angebrachten Nichen ein zierliches Ansehen; man hält sie für ein Werk der Römer.

§. 226. *Palladio hat eine Brücke bey Vicenza* (Pont sur le Bacchiglione près Vicence Tab. 129.) entworfen. Meines Wissens ist dieselbe aber nicht ausgeführt, denn ich habe sie 1803 vergeblich in den Umgebungen von Vicenza aufgesucht. Von ihren drey Bögen sollte der mittlere eine Weite von 64 Fufs 6 Zoll erhalten. Ueberhaupt hat Palladio keine steinerne Brücke ausgeführt und in seiner Architectura nichts Anmerkenswerthes über ihren Bau gesagt.

§. 227. *Zu Vicenza findet man noch drey antike Brücken*, nämlich: 1) die aus einem Bogen von 90 Fufs Oeffnung. Sie steht aaf Tab. 129. in der untersten Reihe. Auf derselben führen Stufen hinauf; sie ist daher nur für Fufsgänger bestimmt. Wahrscheinlich hat sie der Brücke von Rialto zum Muster gedient. 2) Die aus drey Bögen bestehende Brücke von 25 bis 29 Schuh Oeffnung, (Pont de Vicence Tab. 129.) und die dritte gleichfalls drey Bögen habende Brücke von 22 bis 3 Schuh Oeffnung, (Pont antique près Vicence Tab. 129.) wovon jedoch nur der mittlere Bogen antik ist. Alle diese Brücken bestehn aus Kreisstücken, und gehören zu den ersten so geformten Bögen.

§. 228. *Die Wechselbrücke zu Paris* (Pont au change Tab. 129.) ist von 1639 bis 1647 aus sieben vollen Kreisbögen erbauet worden, wovon der eine beynahe voll geschüttet ist. Sie sind 33 bis 48 Schuh weit; die Pfeiler und Widerlager haben einen starken Pfahlgrund. Weil auf dieser Brücke ehemals Gebäude standen, so besrägt ihre Breite 98 Schuh. Sie war sonst in zwey Brücken getheilt, nämlich in die Brücke *Marchand*, und derjenigen, welche man *pont au change* nannte. Vor 1596 war die erste von Steinen erbaut; Am 27. December stürzte sie ein, (Mémoires de Sully Tom. 7. pag. 71.) fünf hundert Menschen wurden unter ihren Ruinen begraben, und man sagt, dafs darunter viele Personen waren, welche sich in der Bartholomäusnacht

durch Plünderungen bereichert hatten*). Zwölf Jahre entbehrte Paris diese Communication bis 1608 bis ein gewisser Marchand, auf seine Kosten, eine neue Brücke von Holz erbauen liefs, wofür er viele Begünstigungen erhielt, worunter auch die war, dafs man sie nach ihm nannte. Diese Brücke brannte aber zwölf Jahre später ab; man erbaute sie 1739 von Steinen und machte aus beyden Brücken nur eine.

§. 229. *Die Brücke Nôtre-Dame zu Paris* (Tab. 129.) wurde 1412. auf Kosten der Stadt, zuerst von Steinen erbaut. Sie stürzte aber 1499 ein, und acht Jahre später ist die jetzige aus sechs vollen Kreisbögen bestehende Brücke aufgeführt, deren Weite 48 bis 53 Schuh beträgt. Sonst war sie zu beyden Seiten mit Gebäuden bedeckt, die man abgetragen, und wodurch die Aussicht auf die Seine sehr gewonnen hat. Sie ist die erste zu Paris erbaute steinerne Brücke, denn zuvor standen über die Seine nur hölzerne Jochbrücken, die ihrer fehlerhaften Anlagen wegen öfters zerstört wurden; alle wurden 1196 und 1280. fortgerissen! Zum Bau der Brücke Notre-Dame berief man 1506 den Mönch *Joconde*, aus Verona, weil er sich durch den Bau der Brücke *Ponte-corvo* (ich vermuthe in Padua) bekannt gemacht hatte. Späterhin stellte ihn der Pabst beym Bau der *Peterskirche* an.

§. 230. *Die Brücke Pont-neuf* zu Paris (Tab. 129.) wurde 1578 zu bauen angefangen; sie besteht aus zwey Abtheilungen, wovon jeder Theil an die Insel de la Cité stöfst. Die erste Abtheilung, vom rechten Ufer der Seine angerechnet, besteht aus sieben vollen Kreisbögen, von 43 bis 60 Fufs Weite; die zweyte hat fünf Bögen von 29 bis 43 Schuh 8 Zoll 8 Linien Oeffnung. Die Stirnbögen haben an den Seiten Ausschnitte oder Kuhhörner. Die prismatischen Vorköpfe der Pfeiler gehen bis zur Bekränzung der Brücke hinauf und tragen einen runden Vorsprung. Der Durchschnitt, welcher auf Tab. 129. rechts dem Aufrisse steht, zeigt die Breite dieser Brücke, welche unter Sully's ruhmwürdigem Ministerium, im Anfange des 17. Jahrhunderts, vollendet wurde. *Cerceau* hat ihren Bau 1578 begonnen, den *Marchand* 1604 vollendete. Unter dem zweyten Bogen, vom Louvre aus, wurde die durch unterschlächtige Räder in Bewegung gesetzte Wasserkunst, la Samaritaine, im Jahr 1712 erbaut, welche vom Canal von Ourcq entbehrlich gemacht werden wird. Zwischen beyden Brückenabtheilungen stand ehemals die Statue Aequester von *Heinrich dem Vierten*, der auf diese Brücke einen grofsen Werth legte, und dessen Statue, bey der Revolution niedergerissen, villeicht noch einmal durch eine neue ersetzt werden wird.

§. 231. *Die Brücke du Marché-Palu zu Paris* (Tab. 129.) bildet eine Folge der Brücke Nôtre-Dame, weil sie mit drey kleinen Bögen den zweyten Arm der Seine

*) Bey der Pont au Change stand ein Thurm, mit dessen Glocke den 24. August 1577. das gräfsliche Zeichen zur mörderischen Bluthochzeit gegeben wurde. Neunzehn Jahre später stürzte sie ein, und unter ihren Ruinen wurden noch viele Mörder der Hugenotten — durch die königl. Macht zu diesen teuflischen Unbilden angereizt und ermächtigt — begraben.

überspannt. Nachdem sie einigemal eingestürzt war, hat man dieselbe, so wie sie jetzt steht, (1718) aufgeführt.

§. 232. *Die Brücke des heiligen Michael (Pont de st. Michel) zu Paris* besteht aus vier Bögen, wovon zwey 30 und zwey 42 Fuſs weit sind.. Ueber die zwey Seitenpfeiler hat man mit einem Fronton gezierte Nichen angebracht. Die auf dieser Brücke gestandenen Häuser sind abgebrochen.

§. 233. *Die Brücke von Hôtel-Dieu zu Paris* wird eigentlich von zwey Brücken gebildet, nämlich von der Brücke *st. Charles* (s. Tab. 129. unten) und der *Pont-au-double*. Jede Brücke hat zwey Bögen, und die erstere habe ich nur auf Tab. 129. aufgenommen, weil die zweyte noch weniger interessant ist. Ihre Bögen sind 34 bis 38 Schuh weit. Beyde Brücken sind mit Gebäuden bedeckt, und ihres kleinlichen Styls wegen nicht merkwürdig.

§. 234. *Die Brücke st. Marie und de la Tournelle zu Paris* (Tab. 129.) sind beyde von *Christoph st. Marie*, nach einem und demselben Styl, erbauet worden. Bey der ersten sind jedoch die Gewölbsteine der Schenkel kürzer als bey der letztern. Die Marienbrücke wurde 1635 vollendet, und 1659 den 17. März stürzten davon, durch die Wirkung der Hochgewässer, zwey Bögen und 22 darauf stehende Gebäude ein; die übrig gebliebenen Häuser hat man 1785 abgetragen, die zwey Bögen sind aber wieder hergestellt worden. Sie sind, so wie die übrigen, 42 bis 55 Fuſs, und die Bögen der Brücke von la Tournelle 46 bis zwey und funfzig Fuſs weit.

§. 235. *Die Brücke der Tuillerien oder Pont-Royal zu Paris* (Tab. 129.) hat fünf Korbbögen von 64 bis 75 Fuſs Oeffnung. Als die an ihrer Stelle gestandene hölzerne Brücke (1656) eingestürzt war, wollte *Mazarin* eine Art von Lotterie, zum Baufond errichten; aber diese reichte nur zum Bau einer hölzernen Brücke hin. So haben überall die nützlichsten Anlagen Schwierigkeiten gefunden, wenn Millionen zu nicktswürdigen Zwecken vergeudet wurden! Als auch diese Brücke vom Hochgewässer zerstört war, wurde endlich am 25. October 1684 der Grundstein zu der steinernen Brücke (Tab. 129.) gelegt. Manzard oder Gabriel trauten sich nicht, den rechtseitigen Pfeiler, wo der Grund schlecht war, zu fundiren; man berief daher einen gewissen *Romann* von Mastricht, welchen man für den hält, der hier zuerst die Baggermaschine zur Aufförderung des Schlammes, in Frankreich gebrauchte, denn in Holland war sie längstens angewendet worden. Nachdem die Stelle, wo der Pfeiler zu stehen kommen sollte, vom Schlamm und Sand geräumt worden war, wurde ein plattbodigtes Marneschiff mit Steinen und Mörtel versenkt, um welches man eine Pfahlreihe einrammte und einen Steinwurf schüttete. Hierüber wurde rundum ein Rostwerk von Pfählen gelegt; dieses füllte man mit Bruchsteinen und Porzellan-Mörtel, der bey dieser Fundation zum erstenmal in Paris angewendet wurde. Diese Grundlage wurde endlich mit einer weit gröſsern Last, als sie tragen sollte, beschwert, die sechs Monate darauf liegen blieb, während welcher Zeit ihre Senkung einige Zoll

betragen hatte. Da dieses unbedeutende Setzen der Zusammenpressung des Mörtels, nicht aber der Nachgebung des Grundes zugeschrieben werden mufste, so konnte mit Zuversicht, der Pfeiler auf die Fundation errichtet werden. Die sich erweiternden Auffahrten bieten viel Bequemlickeit dar; man sollte dieses niemals bey Brücken (in Städten) zu thun unterlassen. Diese Brücke hat 720,000 Livres gekostet, welches nach den jetzigen Arbeitslöhnungen 2½ Millionen betragen würde.

§. 236. Die Brücke von *Vizile* (Tab. 129.) über die Romanche, auf der Route von Grenoble nach Briançon, ist vom Ingenieur *Bouchet* erbauet. Sie besteht aus einem Korbbogen von 129 Schuh Oeffnung und 36 Schuh Höhe. Die Höhe des Schlufssteins beträgt 6 Schuh, so dafs sich dieser zur Oeffnung des Bogens wie 1 : 21, 5 verhält. Jedes Widerlager hat 30 Schuh zur Dicke, welches sich also zur Bogenweite wie 1 : 4, 3 verhält.

§. 237. Die gröfstentheils von Bruchsteinen gemachte Brücke von *Romans* über die Isère (Tab 129.) besteht aus vier Kreisstücken von 64′ 10″ 6‴ bis 81′ Oeffnung. Die Pfeiler verhalten sich zu dieser wie 1 : 3, die Breite der Brücke beträgt nur achtzehn Fufs.

§. 238. Die Brücke zu *Dôle* über den *Doubs-Flufs* (Tab. 129.), welche man von 1760 bin 1764 erbaute, ist zum Theil eingestürzt. Der Ingeniur Gueret hat ihr sieben ellyptische zum Drittheil gedruckte Bögen von 48′ 11″ 4‴ und 57′ 10″ 6‴ Oeffnung, und den Pfeilern eine Dicke von 10′ bis 10′ 9″ 4‴ gegeben. Diese sind 7 Fufs unter dem niedrigsten Wasserstande auf einem Pfahl- und Schwellrost aufgemauert; die Grundpfähle hatten nur eine Länge von 12′ 3″. Man hatte oberhalb der Brücke, dicht vor derselben hin, eine Art von Sturzbett gemacht, welches ohne Zweifel zur Unterwaschung der Pfeiler beygetragen; denn man sollte die Sturzbette stets unterhalb den Bögen errichten, weil das darüber gestürzte Wasser nothwendig eine Ausspühlung des Grundes bewirken mufs, sobald es oberhalb liegt. Zwey Pfeiler wurden unterwaschen und drey Bögen stürzten ein, welches um so leichter war, da man das Innere der Pfahlgründung nicht sorgfältig gefüllt und sich nur mit einem Steinwurf begnügt hatte. Indessen giebt uns dieser Fall eine wichtige Erfahrung, er zeigt nämlich, dafs Pfeiler, deren Dicke sich zur Oeffnung des Bogens wie 1 : 4, 54 verhält, als Widerlager der Bögen dienen, wenn ihr Mauerwerk vollkommen ausgetrocknet ist; denn vier Bögen dieser Brücke blieben stehn. Meines Wissens steht diese Brücke noch jetzt in ihren Ruinen.

§. 239. Die über die *Cremera zu Civita-Castellana* liegende Brücke (Tab. 129.) ist aus Ziegel und Werkstücken erbaut. Ihr mittlerer Bogen mifst 70 Schuh; ihre zwey Seitenbögen 47 Schuh, und ihre Breite beträgt 31 Schuh. Ihre Pfeiler sind mit einem durch den ganzen Flufs gehenden Sturzbette (*radier*) zusammengehangen, welches aus verkehrten Gewölben, von gleicher Oeffnung mit den Bögen, besteht.

§. 240. Von der Brücke von *Mirepoix über die Lers* (Tab. 129.) sind in dem Tablau S. 484 die Verhältnisse aller einzelnen Theile angegeben; ihre Pfeiler sind 13 Schuh tief fundirt.

§. 241. Die Brücke *von Essex zu Dublin* über den Fluſs *Liffi* (Tab. 129.) besteht aus fünf vollen 36 bis 45 Schuh weiten Kreisbögen. Sie scheint nach der Westminsterbrücke zu London gebildet zu seyn. Bey derselben verhält sich die Dicke der Pfeiler zur Bogenweite wie 1 : 5. Auf T. 129. sind die Pfeiler, wie ich jetzt aus des Erbauers Schrift sehe, etwas zu stark angegeben. Nachdem hier eine Brücke von sieben Bögen eingestürzt war, baute 1757 der Architekt *Semple* diese neue Brücke, und gründete die Pfeiler und Widerlager in Fangdämman, wovon sein Buch: *Treatrise on building in water* Auskunft giebt. Er erwähnt, daſs, da diese Methode in England nicht bekannt gewesen, er sich aus den Kupfern des Werkes von Belidor unterrichtet habe, weil er der französischen Sprache nicht kundig war, p. 30. Wer diese Abhandlung durchblättert, sieht aus dem dritten Kupfer, wie schlecht es damals 1776 um den Bau der hölzernen Brücken in England gestanden habe. Dies beweiset auch die Brücke von Walton, welche in der Mitte des 18ten Jahrhunderts in der Grafschaft *Surry* erbauet wurde, und deren drey Oeffnungen aus einem schweren und schlecht construirten auf steinerne Pfeiler gesetzten Hängewerk bestehen. Semple schloſs zwey Pfeiler und ein Widerlager in einen groſsen Fangdamm ein, dessen vordere Seite zum zweyten Fangdamm diente; eine Methode, die Nachahmung verdient, in dem auf diese Weise der Grundbau in zwey Hauptabtheilungen bewerkstelligt werden kann. Durch den ganzen Fluſs, und einige Schuhe breiter als die Peiler, wurden Steine und Mörtel auf eine Dicke von mehreren Schuhen eingeschüttet und also ein Sturzbett, unter der Brücke von Essex, gemacht.

§. 242. Die Brücke in dem Park von *Blenheim*, in der Provinz *Oxfort*, (Tabula 129.) welche nach den Zeichnungen von *Wäsbruck*, auf Kosten des Parlaments, erbauet wurde, besteht aus einem 91 Schuh weiten Bogen und zwey kleinen Durchgängen. Die Nation wollte damit ihre Erkenntlichkeit dem Herzoge von *Marlborough*, über den Sieg von Hochstädt an der Donau, bezeugen.

§. 243. Die Brücke von *Kiou* über die *Themse* (Tab. 129.) hat 5 Bögen von 40 bis 57′ 10″ 6‴ Spannweite. Die Vorköpfe der Pfeiler bestehen aus Halb-Cylinder.

§. 244. Die beym alten Schloſs in *Verona* über die *Etsch* führende 1354 erbaute Brücke (T. 129. *Pont de Verone*) besteht aus 3 Bögen, wovon der rechtseitige 130 Schuh weit, daher einer der gröſsten Bögen in Italien ist. Sie giebt ein Beyspiel, wie man die Bögen vergröſsern könne, um den Brückenweg von dem einen nach dem andern Ufer steigen zu lassen. Sie ist von Ziegel aufgemauert und ihre zwey Pfeiler dienten zu Bastionen, die Brustmauer aber zu Schieſsscharten!

§. 245. Bey *Aquino* im Königreich *Neapel* liegt über den Bergflufs *Melza* die Brücke *Ponte-corvo*, (Tab. 129.) welche von *Stephano* aus Piombino erbaut worden ist. Sie läuft nach einer dem Strom zugekehrten krummen Linie und hat, unter den Bögen, ein fortlaufendes aus Steinwurf bestehendes Sturzbett. Dessen mit eisernen Klammern verbundene Seiten bestehen aus grofsen Steinblöcken. Stromaufwärts ist längs dem Sturzbett eine Pfahlreihe eingerammt. Die sieben volle Kreisbögen dieser Brücke haben 69′ 10″ 7‴ bis 86′ 0″ 6‴ Spannweite, und zu dieser verhält sich die Dicke der Pfeiler wie 1 zu 6. Ihr Bau wurde von Stephano dem Sohn 1505 beendigt. An der Wahl der krummen Linien, nach welcher diese Brücke gegen den Strom gerichtet ist, erkennt man, dafs der Brückenbau des 16ten Jahrhunderts im Königreich Neapel nicht nach Grundsätzen behandelt wurde. Diese Lage hatte man auch der 250 Jahre später, am 13. September 1813, eingestürzten steinernen Brücke von München gegeben, welche kaum 50 Jahre gestanden hat.

§. 246. Die Brücke von *Henneley* (Tab. 129.) wurde 1784 über die Themse erbaut. Sie hat fünf Bögen von 29′ 9″ 4‴ bis 40 Fufs Oeffnung. Die Pfeiler verhalten sich zur Oeffnung wie 1 : 4. Nur ihre Stirnbögen bestehn aus Werkstücken.

§. 247. Der gröfste Bogen einer steinernen Brücke in England ist über den *Taf-Flufs* (auf Tab. 129. *Pont sur le Taaf*) aus Ziegel erbaut. Dessen Weite beträgt 140 Fufs. Ihr Bau wurde 1756 von einem Maurermeister Namens *Edward* unternommen, welcher, wie die Erfahrung bewies, sehr eingeschränkte Kenntnisse von dem Bau der Brücken hatte; indessen war es ein Mann von festem Character und Genie. Die Engländer gaben in ihren öffentlichen Blättern diesen Bogen (sehr fälschlich) für den gröfsten in Europa aus. Anfänglich baute Edward eine Brücke aus vier kleinen Bögen, welche nach zwey Jahren von einem Hochwasser fortgerissen ward. Er entschlofs sich jetzt, die Brücke aus einem Bogen zu erbauen; aber noch war der Schlufs des Bogens nicht bewerkstelligt, als das Lehrgerüst sich senkte und endlich brach; auch das Gemäuer stürzte ein! Er fing das Werk vom Neuen an, und da er ohne Mittel war, so unterstützten ihn die Reichen der Landschaft, um sein Genie nicht sinken zu lassen und sein Kunstwerk dem Reich anzueignen. Er hatte diesmal das Lehrgerüst hinreichend stark gemacht; der Bogen stand nach der Ausrüstung, aber dessen Schenkel waren, bey dem hohen Gewölbe, zu schwer geworden, ihr Druck war so gewaltsam, dafs die Mitte des Bogens, oder der Schlufs, aufwärts gesprengt wurde, und so stürzte der Bogen im Jahr 1756 (bald nach dem Schlufs) abermals ein. Er wurde wieder aufgeführt, und jetzt brachte Edward, was gleich hätte geschehen sollen, in den Gewölbsschenkeln, Höhlungen oder Brückenaugen an, und diese Brücke steht noch jetzt. Sie hat ihren Erbauer in England berühmt gemacht, den man zu den grofsen Männern der Nation zählt; in Teutschland würde man nach dem ersten Vorfall ihn verhöhnt haben, ohne zu bedenken, dafs damals kein classisches Werk über den Bau der Brücken in englischer Sprache geschrieben

war, aus dem sich Edward hätte Raths erholen können, woran es auch noch jetzt dieser Nation fehlt. Daſs Werke der Art groſse Schwierigkeit in der Ausführung haben, besonders wenn es in den günstigen Bauzeiten an Geld fehlt, welchen Fall die intriganten Geschäftsmänner recht absichtlich herbeyzuführen bemüht sind, hat so vielfältig die Erfahrung bewiesen: und doch sucht man diese Hindernisse recht absichtlich ähnlichen Unternehmungen entgegenzusetzen.

§. 248. Die Brücke von *Sommieres* über die *Vidour* (Tab. 129.) schreibt man den Römern zu. Von ihren acht Kreisbögen hat der eine 27, und die übrigen 30 Schuh Weite. Ihre Breite beträgt 23 Schuh.

§. 249. Ueber die *Vonourle* im *Languedoc* ist von den Römern ohnweit *Boisseron* (Tab. 129.) eine Brücke mit fünf Bögen von 22 bis 30′ Weite erbauet. Ihre Breite beträgt nur 12 Fuſs. Sie hat auch noch einen kleinen Bogen und über die Pfeiler kleine Oeffnungen.

§. 250. Die Brücke von *Rialto* über den groſsen Canal zu *Venedig* (T. 129.) besteht aus einem 90 Fuſs weiten aus Marmor gewölbten Bogen, und ihre Oberfläche hat Stuffen, weil sie nur, wie alle Brücken in Venedig, für Fuſsgänger bestimmt ist. Die an den Seiten und auf der Mitte angebrachten drey Arcaden dienen zu Boutiken. Man ist nicht darüber einig, ob sie von einem Architekten *Antonius*, oder dem berühmten *Michel-Angelo* erbauet sey. Genug sie wurde 1591 beendigt, und man rechnet die Kosten zu 250,000 Kronen.

§. 251. Die *Bedeckte-Brücke* (Pont-Couvert) zu *Pavia* über den *Teſsino* (Tab. 129.) hat sieben gothische aus Ziegeln gemauerte Bögen von 65′ 10″ 6‴ Oeffnung, und 60 Schuh Höhe. Ihre Pfeiler, deren Dicke sich zur Oeffnung des Bogens beyläufig wie 1 : 5 verhält, sind, an beyden Enden, nach Kreisstücken abgerundet, nach Aussen mit weissem Marmor bekleidet. Da zwischen je zwey Bögen eine groſse Oeffnung bestehet: so bietet diese Brücke ein sehr schönes und wirklich leichtes Ansehen, den Hochgewässern aber weite Profile dar. Jedes Trottoir ist mit einem flachen Gewölbe bedeckt, welches zwey Reihen Säulen, deren Schäfte aus farbigen Marmor bestehen, zur Seite hat. Die Fuſsgänger steigen auf Treppen hinauf. Diese Brücke ist unter dem Herzoge von Mailand, *Galias Visconti*, erbauet worden. Wenn man aus Ziegeln eine Brücke aufzuführen genöthiget ist: so wird diese Construction, zur Abwechslung von der gewöhnlichen, gewählt werden können; besonders da, wo harte Ziegel gebrannt und die Pfeiler aus Werkstücken gemacht werden, um den Bögen eine so groſse Höhe zu geben, und damit die Masten-Schiffe unter der Brücke durchgehen, oder den Hochgewässern einen freyen Abgang zu gestatten.

§. 252. Die *Heilige-Geist-Brücke* über die *Rhone* (Pont de St. Esprit T. 129.) ist die gröſste Brücke in Europa, denn ihre Länge beträgt 2638 Fuſs. Zwanzig Jahre, von 1265 an, wurden zu ihren Bau verwendet, und noch im Jahre 1790 trug das Brückengeld 28000 Franken jährlich, welches man seitdem aufgehoben hat. Sie

ist nach drey verschiedenen Richtungen erbaut; und besteht aus 19 grofsen Bögen, und 4 kleine bilden die eine Auffahrt. Die Oeffnungen der grofsen Bögen wechseln von 76 bis 107 Fufs, ab; die vier kleinern sind von der neuern Zeit, und haben nur jeder 21′ 10″ Oeffnung. Die Breite der Brücke beträgt 16′ 6″. Ihre Pfeiler haben einen sehr grofsen Fufs und sind wahrscheinlich auf einen Steinwurf errichtet; denn im dreyzehnten Jahrhundert war dieses die gewöhnliche Fundation der Brückenpfeiler. Beym Sandgrunde setzte man sie über den ganzen Flufs fort, wie dies bey der ehemaligen Brücke zu Saumur geschah. Von dem aufgemauerten Fufs der Pfeiler an geht ein Steinwurf rund um den Pfeiler, dessen Basis 1 ½ mal seine Höhe hat. Ueber jeden Pfeiler, dessen Vorköpfe triangelförmig und sehr spitz sind, trifft man Oeffnungen an, die selten vom Hochgewässer erreicht werden. Merkwürdig ist die Wölbungsart der Bögen, weil jeder Bogen aus vier einzelnen aus Werkstücken gemachten Rippen besteht, und nur die vierte Lage der Gewölbsteine geht durch den ganzen Bogen der Queere nach durch. Ein solcher Gurt besteht aus drey Steinen zwischen je zwey Gewölbstein-Rippen. Der übrige Theil der Bögen ist aus den besten Ziegeln gemauert; die Gewölbsteine der Rippen und Gurten haben eine Höhe von fünf Schuh sechs Zoll, aber die Stirnbögen sind niedriger am Schlufs. Ausser den Bögen ist das Uebrige von Bruchsteinen gemauert. Ihren Gewölben, deren Schenkel mit Erde und Kiesel gefüllt sind, traute man so wenig Festigkeit zu, dafs beladene Frachtwägen nicht darüber gehen durften, und nur, nachdem man das über den Schlufs der Bögen liegende Pflaster aufgenommen und statt desselben eine Kiesdecke gemacht hatte, ist den mit zwey Pferden bespannten Fuhrwerken die Benutzung der Brücke frey gegeben worden. Ohne Zweifel wird man diese Mafsregel, welche eine Satyre auf ein Werk der Art ist, aufheben, wenn geschickte Ingenieurs den Zustand dieser Brücke genau untersuchen, von der Oberfläche bis zum Schlufsstein allen Schutt abnehmen, eine Decke von Beton und Ziegelstücken über das Gewölbe in den Schenkeln Höhlungen anbringen und hierauf ein Pflaster machen lassen.

In so ferne die aus Steinwurf bestehenden Umgebungen der Pfeiler, die Stromsection der Rhone sehr beschränken, so sind sie für die Schifffahrt gefährlich, werden oft von den Hochgewässern beschädigt, daher stets daran nachgebessert werden mufs. So treibt man diesen Flufs mit einem Steindamm in die Höhe, und der unter dieser Brücke befindliche Wassersturz wird immer gefährlicher für die Schifffahrt, welche endlich, wie bey Regensburg, unter der Brücke, aufhören mufs, ja man wird in diesem Falle einen Nebencanal mit einer Kammerschleuse anzulegen genöthiget werden. Die geringe Breite dieser Brücke, so wie fast aller römischen und der vor dem 14. Jahrhundert aufgeführten Brücken, ist ein Beweis von dem mittelmäfsigen Zustande des Verkehrs jener Zeit, und dafs man sich darin mehr der Lastthiere, als der Fuhrwerke bediente.

§. 253. Die Brücke von *Guillottière* zu *Lyon* über die *Rhone* (Tab. 129.) ist in der Mitte des dreyzehnten Jahrhunderts, aus den Erträgnissen der vom Papst *Innocent IV.* verkauften Ablässe, erbauet worden. Sie besteht aus 18 Bögen von 15 bis 96 Schuh Oeffnung; fast alle sind, nach einem vollen Cirkel, mit Werkstücken, gewölbt; ihre Schenkel bestehen aus Ziegel, der übrige Theil aber aus Bruchsteinen. Sie gehört übrigens zu den gröfsten Brücken in Europa.

§. 254. Die Brücke von *Blois* über die *Loire* (Tab. 129.) wurde nach dem Entwurfe von *Gabriel* durch *Pitrou* (1720) angefangen und hat 11 Korbbögen von 51′ bis 81 Schuh Oeffnung. Die ersten drey Pfeiler an jeder Seite haben 15′ die zwey, welche den mittlern Bogen halten, 16 Fufs; die übrigen zwey 26′ Dicke, weil sie als Widerlager dienen sollen, wiewohl von diesen das eine 22 und das andere nur 21 Fufs dick ist (Gautier Traité des ponts p. 242). Die Dicke der starken Pfeiler verhält sich zu den Bogenweiten wie 1 : 3, 04; die der schwachen wie 1 : 4, 2 und wie 1 : 5.

§. 255. Die Brücke von *Tours* über die *Loire* (Tab. 129.) wurde von *Bayeux*, von 1755 bis 1762 erbaut. Wenn gleich ihre Bögen nur 75 Schuh Oeffnung haben, die Pfeiler aber 15′ dick sind, und ihr Erbauer einer der geschicktesten Ingenieure Frankreichs war, so senkte sich doch am 28. August 1777 ein Pfeiler aus seiner lothrechten Richtung. Unter demselben standen 65 eichene Grundpfähle von 7′ 6″ Länge und 9″ Stärke; sie waren nach der einen Richtung auf 3′ 10″ und nach der andern 3′ 9″ (von Mitte zu Mitte) gestellt und 6″ in den harten Tuf eingedrungen. Jeder Pfahl mufste 153,900 Pfund tragen. Der Grund, der sie anfänglich umgeben hatte, war aber fortgeführt, und es war daher um so weniger zu verwundern, dafs die Pfähle unter dieser Last brachen, oder sich bogen, da der daran stofsende Strom ihre Fibern in Schwingung setzte, und sie aus dem lothrechten Stand zu bringen strebte. Es bleibt daher jederzeit nothwendig, die Grundpfähle eines Pfeilers entweder mit den natürlichen Grund, oder mit einer künstlichen Anlage von Steinwurf, Faschinenbau oder mit Steinen gefüllten Rostwerken zu umgeben. Die Brücke zu Tours ist, für den Brückenbau, in mehr als einer Hinsicht merkwürdig. 1) Beweifst sie uns, dafs, nachdem einige Pfeiler und Bogen eingestürzt waren, die übrigen Bögen stehen blieben; alle Brücken-Pfeiler, deren Dicke sich wie bey diesen zur Oeffnung der Bogen wie 1 : 5 verhält, vollkommen als Widerlager (wenn das Gemäuer trocken ist) dienen, da sie dieses bey den gedruckten Bögen dieser Brücke bildeten. Sie wurden theils in Kästen, theils in Abdammungen, auf einen Pfahlgrund, 5 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande, fundirt. Der Grund des Flusses besteht 6 bis 9′ aus einer Sandbank, worunter man 18 bis 21 Fufs (unter dem niedrigsten Wasserstande) einen durchaus festen tufartigen Boden findet, worin die Pfähle einiger Pfeiler 15″ einstehen. Anfänglich senkte sich ein Pfeiler drey Fufs und wich stromabwärts über. Man trug jetzt die beyden Bögen und den Pfeiler ab und führte einen

neuen über die alte ausgebesserte Fundation auf. Ohne Zweifel hat man darin neue Pfähle eingeschlagen, auf diesen sowohl als auf die alten, einen neuen Rost, wenigstens auf die gesunkene Stellen, gelegt! Man schrieb, wie Gauthey (p. 83.) sagt, diesen Zufall dem Holze der Grundpfähle zu, das in Fäulnifs übergegangen war, weil man es lange Zeit im Walde hatte liegen lassen, ohne es zu gebrauchen. Wiewohl dies ein Versehen ist, so konnten die Pfähle, mithin der Pfeiler nicht eher überweichen, bis der natürliche Grund von demselben fortgerissen war. Dies ereignete sich auch bey drey andern Pfeilern einige Zeit später, als sich die Eisschollen vor der Brücke, zu einem Eisdamme aufthürmten; der Strom bahnte sich endlich einen Weg, unterspühlte diese Pfeiler bis auf den festen Grund, so dafs sie wichen und der Sturz von vier Bögen erfolgte, die übrigen blieben aber stehen. Ein Bogen wurde mit grofsen Kosten wieder aufgemauert, denn man mufste von der Stelle, wo der Pfeiler zu stehen kam, den Rost und alle Steine so herausheben: dafs die neuen Grundpfähle eingerammt werden konnten. Beym zweyten Pfeiler war die Schwierigkeit dieser Operation noch gröfser, weil die Pfähle 3′ aus der lothrechten Stellung gewichen waren. Man schlug also vor: die zwey übrigen Bögen entbehrlich zu machen, d. i. durch *einen* zu ersetzen. Dieser Vorschlag wurde jedoch nicht angenommen, sondern man wollte, um die Aufhebung des Bodens vom Kasten, worin der eingestützte Pfeiler aufgeführt gewesen, zu erleichtern, auf dessen Oberfläche eine Abdammung machen und so die Wände des Kastens wieder anbringen; dann sollte sein Inneres vom Wasser befreyt werden. Dieses Vorhaben war aber zu schwierig, als dafs es hätte glücken können, zumal die Pfähle unter dem Pfeiler nicht gleichförmig gesenkt oder nach einerley Richtung übergewichen waren. Es blieb also nur die Aushebung der einzelnen Ruinen übrig. Nachdem der Rost des Pfeilers, d. i. der Boden des ehemaligen Kastens von allen Steinen befreyt war, wurden 36 eiserne Schrauben in diesen Rost eingeschroben, die man, vermittelst Maschinen, wozu 96 Mann verwendet wurden, aufzog, und so brachte man den Rost mit Beyhülfe von 150 Tonnen, (die man an den Rost befestigte) der Oberfläche des Wassers näher. Nachdem man ihn von seinen Steinen befreyt hatte und so flott erhielt, wurde er ans Land gebracht. Ob und wie weit die Aufführung des Pfeilers und Bogens fortgerückt sey, darüber habe ich nichts erfahren können. Das Lehrgerüste eines Bogens, welches in der Mitte durch eine auf die Ruinen gesetzte Mauer sich stützt, ist mir indessen mitgetheilt worden und ich habe es zur Hälfte auf Tab. 132. unten, in Fig. 6. und 7. stechen lassen. Wenn in Teutschland ein solcher Fall sich mit einer Brücke, deren Erbauung wenigstens vier Millionen gekostet haben mufs, ereignete, was würde man wohl von dem Ingenieur, wenn er ein Teutscher, nicht aber Franzose, Engländer oder Italiener, denen man nachgesehen haben würde, wie es so häufig im Bauwesen und andern Dingen geschieht, gewesen wäre, gesagt haben? In Frankreich ist man gerade defswegen billiger, weil dort viele grofse Werke der

Art ausgeführt sind, viele gebildete Personen eine allgemeine, wenn gleich oberflächliche Kenntnifs vom Bauwesen besitzen; an den öffentlichen Werken ein lebhaftes Interesse genommen wird, und die Ingenieurs eine grofse Achtung geniessen. Hoffentlich ist aber jetzt die Zeit gekommen, wo die Teutschen sich selbst schätzen, ihre Landsleute mit Billigkeit beurtheilen, ihnen Gerechtigkeit widerfahren lassen, und nicht blos das fremde Verdienst anerkennen werden!

§. 256. Die Brücke von *Roanne* über die *Loire* (Tab. 129.) wurde 1789 angefangen und 1809, vom Ingenieur *Vimar*, vollendet. Anfänglich wollte man jedem der sieben Bögen 64′ Oeffnung geben, aber der Ingenieur *Vareigne*, welcher den Bau anfieng, hat dieselbe 72′ grofs gemacht. Unter ihr geht quer durch die Loire, ein 3′ dickes und eben so tief unter dem niedrigsten Wasserstande liegendes, von zwey Pfahlreihen eingeschlossenes Sturzbett, dessen Steinplatten auf ein 2′ dickes Betonlager ruhen. Vor demselben wollte man noch einen 9 Schuh breiten Steinwurf anbringen.

§. 257. Die Brücke von *Navilly* über den *Doubsflufs* (Tab. 129.) ist 1780 vom Ingenieur *Gauthey* erbaut. Der Rost liegt 4′ unter dem niedrigsten Wasser. Die Pfeiler sind nach ellyptischer Form abgerundet und die Bögen bestehen aus fünf einzelnen Gewölbreihen, deren Zwischenräume mit Bruchsteinen ausgemauert sind. Von der Zeichnung dieser Brücke zeigt die rechtseitige den stromaufwärts genommenen Aufrifs.

§. 258. Die aus sieben Bögen von 42 bis 106 Schuh weite Brücke von *Toulouse* über die *Garonne* (Tab. 129.) ist von 1543 bis 1632 erbaut worden. Der Ingenieur *Souffron* machte die Stirnbögen und einige Reihen Steine aus Werkstücken, das Uebrige aber von Ziegel. Sie gehört mit zu den ersten Bögen, die aus drey Mittelpuncten beschrieben sind, und die erste, welche Seitenausschnitte oder Kuhhörner erhalten hat. Die aus Werkstücken bestehenden Pfeiler-Oeffnungen sind in Form eines Herzes ausgeschnitten. Das Innere der Pfeiler ist aus Bandlagen von festem Ziegel aus Kiesel und Mörtelgufs; das Aeufsere aber, bis zum hohen Wasserstande, ist von Werkstücken gemacht; weiter aufwärts sind daraus nur die Ecken der Pfeiler und ein verticales Band gebildet, das Uebrige besteht aus Ziegel.

§. 259. Die Brücke bey *Avignon* über die *Rhone* ist eine der ältesten und gröfssten steinernen Brücken in Frankreich. Anfänglich (1177) mochte man zwey sich an eine Insel und ans Ufer anschliefsende Brücken-Abtheilungen erbaut haben. Die eine hatte acht, die andere fünf Bögen; späterhin vereinigte man sie, mit acht andern Bögen, über die Insel hin, die nach einer krummen Linie gelegt werden mufsten, um beyde ursprüngliche Brücken mit einander zu verbinden. Schon 1385 mufste der zu *Avignon* residirende Papst *Bonifacius IX.* einige baufällige Bögen abtragen lassen, und 1410 sprengten die Einwohner *Avignon's* den Thurm, welcher den Eingang der Brücke vertheidigte, um die von *Benoit XIII.* in die Stadt gelegte Garnison los zu werden.

Man war nachläſsig genug: einen schadhaften Bogen der Brücke nicht auszubessern, der so wie drey andere 1602 einstürzte; der Eisgang von 1670 führte noch einige Pfeiler und Bögen weg: so daſs jetzt nur noch vier Bögen (gegen die Seite nach Avignon) bestehen. 1604 erklärte *Heinrich IV.* diese Brücke zur königl. Domaine (Mémoires de Sully T. 5. p. 266.) und es wurde die Ausbesserung der Brücke angefangen, die aber nicht vollendet worden seyn muſs, denn sonst hätte sie nicht so verfallen können. Nach den Resten der steilen Auffahrten zu urtheilen, sollte man zu schlieſsen berechtigt seyn: daſs über diese Brücke niemals Wägen passirten, sondern nur Lastthiere. Das Gewölbe der Bögen ist 2′ 3″ dick; seine Steine bilden vier separirte Bögen, die also nach der Art des Römer-Mauerwerks gemacht, und die im ersten Bogen ohne Mörtel gesetzt sind; jetzt findet man noch einige mit eisernen Krampen zusammengehaltene Steine der verschiedenen Gewölbstein-Reihen. In den Gewölbschenkeln und über den Pfeilern sind offene Gewölbe angebracht. Auſser den Bögen war das Uebrige von Bruchstein-Gemäuer gemacht. Man trifft jetzt weiter unterhalb eine aus 46 Jochen bestehende Brücke, die von den Ingenieurs *Bouvier* und *Pouzols*, vor einigen Jahren aus Lerchenholz, erbauet wurde.

§. 260. Die Brücke von *Bellecourt* oder *Tilsit* über die *Saone* zu *Lyon* (T. 129.) besteht aus fünf Korbbögen zu 64′ 0″ 6‴. Ihre Pfeiler sind in Kästen fundirt; die Pfähle sind 9′ tief unter dem niedrigsten Wasser abgesägt worden.

§. 261. Zu *Châlons* an der *Saone*, (Tab. 129.) treffen wir eine Brücke aus der alten Zeit, deren Bögen 40 bis 60′ weit sind, und die nur 18′ breit waren. Der Ingenieur *Gauthey* hat sie bis zu 30′, vermittelst Ausschnitten, (Kühhörner) erweitert, und diese, so wie die Pyramiden an dem alten Mauerwerk, angesetzt, um ihr die gehörige Stabilität zu geben.

§. 262. *Bey dieser Stadt* hat der nämliche Ingenieur (Erbauer des Canals von Charollois) im Jahre 1787, auſserhalb der Vorstadt, die *Brücke des Chavannes* (T. 129.) erbaut, an welcher die Hochgewässer der Saone, bis zum Schluſsstein, steigen. Es sind auch in den Pfeilern zehn Fuſs hohe Gewölb-Oeffnungen gemacht worden, um dem Wasser mehr Abfluſs zu geben. Der Kiesboden soll so fest seyn, daſs die Grundpfähle, worauf die Brücke steht, nur 4′ tief eingerammt werden konnten. Indessen traute man dieser Gründung nicht, und es ist ein Sturzbett, unter der Brücke, von 49′ breit, 3′ Schuh dick und eben so tief (mit seiner Oberfläche) unter dem niedrigsten Wasserstande angelegt.

§. 263. Die Brücke zu *Madrid* über den *Macanares* besteht aus 9 Bögen von 42′ Oeffnung; die Dicke der Pfeiler verhält sich zu dieser wie 1 : 1, 65. Ihre Vorpfeiler gehen bis zur Oberfläche der Brücke hinauf und bilden Halbcylinder.

§. 264. Die Brücke *Albias* oder *Bias* über den *Aveyron* (Tab. 129.) wurde 1770 durch den Ingenieur *Boesner* erbauet. Ihre drey Korbbögen sind 72 bis 77′

10″ 7‴ weit; die Pfeiler verhalten sich zur Oeffnung wie 1 : 7, und die Widerlager wie 1 : 3. Diese Brücke gehört zu den beſsten in Frankreich!

§. 265. Die Brücke von *Frouards* über die *Mosel* (Tab. 129.) ist von *Lecreulx* 1788 erbaut. Die Verhältnisse ihrer Theile sind in der Tabelle S. 484. angegeben; ich bemerke daher nur noch, daſs die Vorköpfe der Pfeiler nach Halbkreisen sich endigen.

§. 266. Die Brücke *de la Drome* besteht (S. die Tab. S. 484.) aus drey zu ⅗ gedruckten Korbbögen. Wiewohl sie ein schönes Aeuſsere darbietet, so ist sie doch, nachdem das Fluſsbett sich vertieft hat, zu hoch fundirt, und etwas zu hoch gestellt. Das aus Steinen bestehende Sturzbett, welches vor derselbe liegt, lieſs eine Unterwaschung der Pfeiler befürchten; man hat deſswegen viele Pfähle eingerammt und den Zwischenraum mit Steinen gefüllt.

§. 267. Die über die *Oise* bey *Compiegne* (Tab. 129.) durch *Hupeau* (1733) erbaute Brücke, besteht aus drey zu einem Drittel gedruckten Korbbögen, wovon der Mittlere 72 Fuſs und die Seitenbögen 66 Schuh Oeffnung haben. Die Pfeiler sind mit zwey Kreisstücken, deren Radius der Dicke des Pfeilers gleich ist, abgerundet; die Gewölbe gehen bis zum niedrigsten Wasserstand herab. Die 17′ langen Grundpfähle, ihrer Pfeiler, stehen auf 2 Schuh Abstand und sind 12 Zoll dick. Der darauf ruhende Schwellrost liegt 5′ unter dem niedrigsten Wasserstande der Oise. Die auf Grundpfählen ruhende 4′ breite Umgebung der Pfeiler ist an ihrer Oberfläche mit eisernen Klammern, welche in die Pfeiler hineingehen, und mit diesem ihrem Gemäuer verbunden; diese Klammern sind an ihren Enden umgebogen und fassen die Schwelle der Umgebung. Auch die Schluſssteine, so wie alle Gewölbsteine sind, wie bey der Brücke der Tuillerien zu Paris, mit in heisses Bley eingegossenen eisernen Hacken vereinigt.

§. 268. Die Brücke von *Riencros* über die *Douctoire* (Tab. 129.) ist 1770 angefangen und 1790, durch den Ingenieur *Garipuy* beendigt. Sie besteht aus drey Korbbögen von 42′ 0″ 4‴ Oeffnung, und ihre Pfeiler haben keine Vorköpfe, welches ein wesentlicher Fehler ist.

§. 269. Die Brücke von *Toul* über die *Mosel* (Tab. 129.) wurde 1754 von *Gourdain*, aus Werkstücken, erbaut. Sie besteht aus sieben Korbbögen von 45 bis 51 Fuſs Oeffnung.

§. 270. Die Brücke von *Maligny* über den *Serin* (Tab. 129.) besteht aus einem 80′ 0″ 6‴ weiten Bogen, dessen Widerlager 3′ 8″ unter dem niedrigsten Wasserstande fundirt sind. Er ist aus Bruchsteinen, die man beynahe wie Ziegel behauete, deren Dicke 2″ 1‴ bis 3″ 8‴ und deren Länge 9″ 3‴ bis 11″ 1‴ betrug, gemauert. Es wurden im Schluſs drey Steine aufeinander gesetzt, so daſs derselbe 2′ 9″ 9‴ Höhe hat. Der Bogen blieb nur 15 Tage auf der Rüstung; seine Form hat sich etwas verändert und die zwey äuſsern Gewölbstein-Reihen sind von ihrer ursprünglichen Lage gewichen.

§. 271. Die Brücke von *saintes* oder *xaintes* ist über die *charente* (T. 129.) in zwey Perioden erbaut worden. Der erste Theil ist antik, der andere wurde von *Blondel* (1666) errichtet. Er besteht aus sechs Bögen von 10 bis 34′ 8″ 6‴ Oeffnung, wovon drey gothisch, aber nicht auf der Zeichnung angegeben sind; die übrigen drey bilden Halbkreise, wovon nur einer in der Zeichnung aufgenommen ist Beyde Theile sind durch einen starken Pfeiler getrennt, worauf der daneben gezeichnete, mit zwey Durchgängen versehene, zu Ehren des Germanicus aufgeführte Triumphbogen steht. Der antike Theil hat auch einen kleinen Bogen von 11′ 4″ 8‴ Oeffnung; dessen gröfsere Bögen sind 24′ 7″ 6‴ bis 27′ 8″ 6‴ weit. Die Pfeiler sind von *Blondel* ausgebessert; alle stehen auf einem Schwellrost, und längs den Bögen ist, durch den Flufs, ein 5′ dickes Sturzbett gelegt worden, dessen Rostfelder mit grofsen und kleinen Bruchsteinen gefüllt wurden. Wie *Blondel* die Fundation und das Sturzbett dieser Brücke gemacht hat, dies ist im II. Bande Seite 570 und 571 angezeigt worden.

§. 272. Die Brücke von *sorges* über den *Anthion* (Tab. 129.) wurde von *Regemortes*, aus sieben Bögen, jeder zu 18′ 2″ Spannweite, erbaut, die man mit Thoren verschliefsen kann, damit die *Loire*, wenn sie hoch steht, nicht in den *Anthion-Flufs* eintritt, und eine ausgedehnte flache Landschaft überschwemmt.

§. 273. Die Brücke *Fouchards* über den Flufs *Thouet* (Tab. 129.) bildet drey Kreisbögen von 80 Schuh Weite; ihre geringe Bogenhöhe von acht Fufs ist die Ursache, dafs sich die nach dem Entwurf des Ingenieur *Limay* erbaute Brücke bedeutend gesetzt hat, wiewohl sie, geschlossen, ein volles Jahr auf dem Gerüste stand. Anfänglich setzten sich ihre Bögen nur 7 Zoll; jetzt haben sie einige Spalten erhalten.

§. 274. Die Brücke von *sainte-Diez* über die *Meurthe* (Tab. 129.) besteht aus drey Kreisbögen von 36′ 9″ Oeffnung, und aus zwey kleinen Halbkreisen von 12′ 3″ 9‴ Weite. Sie ist nach dem Entwurfe des General-Inspectors *Lecreulx* aufgeführt worden.

§. 275. Die Brücke *de Pesme* über den *ougnon* (Tab. 129.) ist 1772 vom Ingenieur *Bertrand* erbaut, wovon die Verhältnisse ihrer Theile in der Tabelle S. 484. enthalten sind. Es soll die erste Brücke in Frankreich seyn, bey welcher die Anfänge der Bögen dem höcsten Wasserstande gleich gelegt wurden. Jeder ihrer Pfeiler ist in vier Säulen abgetheilt, so dafs sie zu den kühnsten Brücken, welche im 18ten Jahrhundert aufgeführt worden sind, gezählt werden mufs. Ihre Bögen haben sich, ihrer geringen Höhe wegen, bedeutend gesetzt und der eine Bogen hat grofse Spalten.

§. 276. Die Brücke *Horbourg* über die *Ill*, (Tab. 129.) ist aus fünf Korbbögen, die $\frac{2}{7}$ gedruckt sind, vom Ingenieur *Clinchamp* (1775) erbaut. Sie haben 52 bis 64 Fufs 5 Linien Spannweite.

§. 277. Die Brücke von *charmes* über die *Mosel*, (Tab. 129.) ist 1740 ausgeführt. Nur die Vorköpfe der Pfeiler bestehen aus Werkstücken, die vollen Kreisbögen und Schenkel sind aus Bruchsteinen gemacht.

§. 278. Die Brücke von *Valencia* über den *Guadalquivir* in Spanien (Tab. 129.) besteht aus zehn Bögen von vierzig Schuh Oeffnung; die Dicke der Pfeiler verhält sich zur Bogenöffnung wie 1 : zu 4. Ihre nur vier schuh hohen Bögen fangen 7 Fuſs über dem niedrigsten Wasser an, und sind mit einem 50 Fuſs langen Radius beschrieben. Es verdient angemerkt zu werden, daſs in Valencia noch vier ähnliche Brücken erbaut wurden. *Perronet* sagt (*oeuvres p.* 628), daſs eine davon im Jahr 1776 von einem Hochgewässer fortgerissen worden sey, weil ihre Bögen nicht so hoch gestellt waren, als die von den übrigen, wiewohl sie nicht so flach gewesen.

§. 279. Ueber die *Maas* ist bey *Mastricht* von *Roman* eine auf Tab. 129. (*Pont de Mastricht*) dargestellte Brücke 1683 erbaut worden. Die Weite ihrer acht Bögen wechselt von 25 bis zu 41′ 6″ 9‴ ab. Sie hat überdies ein 60 Fuſs weites Sprengwerk, welches im Kriege abgenommen werden kann. Die Gewölbe stehen etwas vor und bilden eine Archivolte. Die Vorköpfe der Pfeiler haben fluſsaufwärts ein gleichschenkliches Dreyeck, und abwärts die Hälfte eines Achtecks. Da die ersten vom Eise stark beschädigt worden, so trachtet man, sie nach und nach abzurunden.

§. 280. Die Brücke von *Brives* über die *Loire* (Tab. 129.) ist vom Ingenieur *Grangent* (1772) aus fünf Korbbögen von 50′ 9″ 8‴ bis 55′ 4″ und aus zwey kleinen 9 Schuh weiten Kreisbögen erbaut, und diese letztern stehen hinter den eigentlichen Widerlagern. Diese 26′ 9″ 4‴ breite Breite Brücke ist auf Felsen gegründet. Wiewohl die Hochgewässer der Loire, hier noch ein reissender Bergfluſs, ihre Bögen ganz gefüllt haben, so hat sie dennoch keinen Schaden gelitten.

§. 281. Die Brücke *du Pape* über den *Erieux* (Tab. 129.) ist 1756 von *Pitot* aus Werkstücken aufgeführt. Ihre sieben 45′ 9″ 9‴ weiten Bögen nähern sich dem Halbkreise. Die Widerlager stehen auf Felsen, die Pfeiler aber auf Pfählen. Unter der Brücke liegt ein aus zwey Pfahlreihen bestehendes, längs den Vorköpfen der Brücke hinlaufendes Sturzbett.

§. 282. Die aus einem Bogen von 98′ 6″ 2″ Spannweite, auf der Straſse von Montauban nach Nizza liegende Brücke von *Herault* (Tab. 129.) ist auf einem Felsgrund, vom Ingenieur *Grangent*, erbaut. Ihre Breite beträgt 21½ Fuſs.

§. 283. Die Brücke von *Castellane* über den Fluſs *Verdon* (Tab. 129.) nahe bey *Sisteron* besteht aus einem 86 Fuſs weiten Bogen. Im Jahr 1404 ist dieselbe über die felsigen Ufer geworfen worden.

§. 284. Die Brücke von *Sisteron* über die *Durance* (Tab. 129.) besteht aus einem 80′ 6″ groſsen Bogen, der eine Art von Halb-Oval, dessen lange Axe senk-

recht steht, bildet. Man hält dafür, daſs es ursprünglich ein gothischer Bogen gewesen sey, der späterhin so ausgehauen worden ist.

§. 285. Die Brücke von *Chatellerant* über die *Vienne* (Tab. 129. ist von 1560 bis 1609 gröſstentheils unter *Sully's* Ministerium erbaut worden. Sie besteht aus neun Korbbögen von 30 Fuſs Oeffnung, welche groſse Seitenausschnitte (Kuhhörner) haben. Sie gehört zu den ersten Brücken, deren Gewölbe nach krummen aus mehreren Mittelpunkten beschriebenen Linien construirt sind.

§. 286. Der Brücke von *Corbone* (Tab. 129.) zu $\frac{1}{3}$ gedruckte Bögen haben eine Weite von 95′ 6″. Sie ist 1770 über die *Garonne*, vom Ingenieur *Saget*, aufgeführt worden. Nur die Stirnbögen, so wie die Bekränzungen, bestehen aus Werkstücken, das Uebrige aus Ziegel. Ihre Breite betägt vier und zwanzig Schuh.

§. 287. Die Brücke von *Neuville* (Tab. 129.) hat zwey 70 Schuh weite Korbbögen. Sie ist über Felsen aufgeführt, in die man die Pfeiler und Widerlager eingelassen hat, weil der Fluſs sehr reiſsend ist, und über die Felsen hin einen Wassersturz bildet.

§. 288. Die Brücke von *Mazères* über die *Lers* (Tab. 129.) besteht aus einem alten, ein Kreisstück von 65′ 10″ 6‴ Weite bildenden Bogen, und zwey neuen Bögen, welche Halbkreise bilden, die 42 bis 45′ 6″ 9‴ weit sind.

§. 289. An der nahe bey *Paris* stehenden Brücke von *Juvisi* (Tab. 129.) hatte man die Widerlager, in Beziehung auf ihre Höhe, zu schwach gemacht; sie wurden daher von der dahinter mit Wasser geschwängerten Erde durchgedrückt. Ihr Bogen hat deswegen unterbalb acht kleine in die Widerlager eingehende Bogenrippen erhalten, welche die Widerlager in lothrechtem Stande halten.

§. 290. Der Bau von der *Blackfriarsbrücke* über die Themse zu *London* (Tab. 129.) wurde 1760 von dem Ingenieur *Mylne* angefangen und 1776 beendigt. Sie besteht aus 9 Bögen, von 72 bis 92 Fuſs Oeffnung. Man wird mit dieser Brücke, welche die schönste von den drey groſsen Brücken in London ist, durch die auf Tab. 129. gestochene Ansicht und das Tableau S. 484. bekannt. Ihre Pfeiler und Widerlager sind der groſsen Tiefe, so wie der Ebbe und Fluth wegen, in Kästen erbaut worden. Die Art, wie dies bewerkstelligt wurde, so wie das dazu gebrauchte Lehrgerüst werde ich in der Folge beschreiben.

§. 291. Bey der Brücke von *Homps* (Tab. 129.) verdient bemerkt zu werden, daſs ihre Stirnbögen nach einem flächern Kreisstück, als das Innere des Gewölbes, geformt sind; daher Ausschnitte (Kuhhörner) längs derselben entstanden sind.

§. 292. Die Brücke von *Montignac* (Tab. 129.) ist von dem Ingenieur *Tardif*, zwischen 1766 und 1772 erbaut worden. Sie besteht aus zwey vollen Kreisbögen von vierzig Fuſs und einem Korbbogen von 61′ 10″ 6‴ Oeffnung. Ihr Widerlager und der eine Pfeiler ruhen auf Felsen, der zweyte Pfeiler hat einen Pfahl- und Schwellrost.

§. 293. Die Brücke von *Montlyon* über die *Durance* (Tab. 129.) ist 1805 vom Ingenieur *Delbergue-Cormont* angefangen. Sie besteht aus einem zu ¼ gedruckten Bogen von 92′ 4″ 3‴ Oeffnung. Das eine Widerlager steht auf Felsen, das andere auf einem zur Hälfte unter der Brücke fortlaufenden und ein Sturzbett bildenden Pfahlgrund.

§. 294. Die über den *Doubs-Fluſs* nahe bey *Tournon* (*Pont de Tournon* Tab. 129.) stehende Brücke ist 1545, auf Kosten des Cardinals Tournon, erbaut worden. Ihr 146′ 1″ 10‴ groſser ein Kreisstück bildender Bogen ist der dritte gröſste gemauerte Bogen in Europa, und dennoch bestehen nur ihre Stirnbögen aus guten Werkstücken, das Uebrige aus Brocken von weichen Sandstein. Sie ist, wie fast alle Brücken des 16ten Jahrhunderts, schmal, denn sie hat nur 15′ 4″ 8‴ zur Breite.

§. 295. Die Brücke von *Rumilly* über die *Cheran* (Tab. 129.) ward 1785 vom Ingenieur *Gavella* vollendet. Ihr Halbkreis hat 120 Schuh Weite, und die Anfänge des Bogens liegen 10 Fuſs über dem niedrigsten Wasserstande. Ihre Breite beträgt zwey und zwanzig Fuſs.

§. 296. Die über den *Herault in Languedoc* vom Ingenieur *Garipuy* zwischen 1777 bis 1793 erbaute Brücke von *Gignac* (Tab. 129.) besteht aus zwey Seitenbögen von 71 Fuſs weitem Halbkreise, welche Seitenausschnitte haben. Ihr Mittelbogen ist ein zum Drittheil gedruckter Korbbogen, dessen Weite 150 Fuſs miſst; es ist daher der zweyte gröſste steinerne Bogen in Europa. Die Dicke der Pfeiler von vier und zwanzig Fuſs verhält sich zur Oeffnung des groſsen Bogens wie 1 : 6, 24. Zu dessen Wölbung errichtete man zwey massive Interimspfeiler, und machte dann von denselben und zwey Pfeilern der Brücke, Gewölbrippen; auch in der Queere des Bogens wurden Rippen gewölbt, welche sich an die erstern anschlossen und sie gewissermaſsen kreuzten. Ueber dieses Gitterwerk von schmalen Bögen wurde eine hölzerne Bogenrüstung etablirt, für welche man einen hinreichenden Raum unter dem Gewölbe gelassen hatte. Diese kostbare Vorkehrung kann damit entschuldigt werden, daſs die Brücke über einen Bergstrom erbaut werden muſste, dessen Hochgewässer ein gewöhnliches Lehrgerüste hätte fortreiſsen können.

§. 297. Die Brücke von *Claix* über den *Drac* nahe bey *Grenoble* (Tab, 129.) besteht aus einem 149 Fuſs weiten Bogen, dessen Breite nur 19 Fuſs beträgt. Er gehört also mit zu den gröſsten gewölbten Bögen.

§. 298. Die Brücke von *Lempde* (Tab. 129.) wurde 1783 vom Ingenieur *Mauricet* vollendet. Ihr gedruckter Korbbogen hat eine Weite von 94′ 9″ 10 Linien.

§. 299. Die Brücke *Bord* über den *Oeil* (*Pont du bord sur l'Oeil* Tab. 129.) ist vom Ingenieur *Le Clerc*, auf der Route zwischen Autun und Moulins, im Jahr 1764 vollendet worden. Ihr Bogen miſst 64′ 8″ und ihr Aeusseres besteht aus vorzüglich schönen Werkstücken.

(§. 300. Zu *Ingersheim* über die *Imst* ist die auf Tab. 129. dargestellte Brücke auf einem Pfahl- und Schwellrost, dessen Oberflääche 6 Fuſs unter dem niedrigsten Wasserstande liegt, gegründet. Die Verhältnisse ihrer Theile sind in der Tabelle S. 484. angegeben.

§, 301. Die Brücke von *Pontlieu* über die *Huisne* (Tab. 129.) ist vom Ingenieur *Voglie* (1773) vollendet; die Gröſse ihrer Bögen und der übrigen Theile kann in der Tabelle (S. 484.) aufgesucht werden.

§. 302. Die Brücke von *Lavaur* über den *Agout* (Tab. 132.) besteht aus einem 145′ 5″ 7‴ weiten Bogen, dessen groſse Dicke (S. d. T. S. 484.) die Ursache der Beschädigungen ist, die man an ihm gewahr wird; auch hat man die Seitenmauern zu schwach aufgeführt. Um das Lehrgerüste allen Angriffen des Wildstromes *Agout* zu entziehen, wurde dasselbe auf gewölbte Bogenrippen gelegt. Man führte zu dem Ende, der Länge des Bogens nach, vier Pfeiler von 8 bis 9 Fuſs Dicke auf, und überwölbte dieselben mit zehn einzelnen Bogenrippen von 16 Zoll Breite; in der Queere wurden eben solche Rippen, sechszehn an der Zahl, gewölbt, welche jene durchkreuzten, so daſs sechszig gewölbte Bogenfelder entstanden, wovon vierzig jedes 30 und 10 Fuſs Weite hatte. Diese Bögen sind nach vollen Kreisen gebildet, nnd liefen fünf Schuh unterhalb der innern Gewölbfläche des groſsen Bogens durch. In diesem Zwischenraum wurde eine hölzerne Rüstung angebraaht, um darauf die Gewölbsteine zu legen. Als das Gewölbe geschlossen und getrocknet war, wurde die Ausrüstung bewerkstelligt, die aus Ziegeln gemachten Interimsbögen und Pfeiler abgetragen, und so steht jetzt dieses groſse Werk, zur Bewunderung aller Kenner. Es ist vom Ingenieur *Saget* 1775 beendigt worden.

§. 303. Die Brücke von *Cravant* wurde 1760 vom Ingenieur *Advyné* über die *Yonne* vollendet. Sie besteht aus drey Korbbögen zu 54 bis 60 Fuſs Oeffnung, die aus drey Mittelpunkten beschrieben sind, und deren Höhe zwanzig Schuh beträgt. Ihre Pfeiler sind 12 Schuh dick. Der mittlere Bogen ist in Fig. 9. Tab. 132, wie er auf dem Lehrgerüste steht, die ganze Brücke aber auf Tab. 130. abgebildet.

§. 304. Zu den merkwürdigsten Brücken muſs die *Fleischbrücke* (Tab. 131. *Pont de la boucherie*) in Nürnberg gezählt werden, weil sie den einzigen flach gewölbten Bogen Teutschlands bildet. Er hat eine Weite von 95 Fuſs, und 14 Fuſs Bogenhöhe. Dennoch sind seine aus rothem Sandstein bestehenden Werkstücke von geringer Festigkeit; daher mag ihr Erbauer auch wohl so ausserordentlich starke Widerlager von 40 Schuh Dicke, die sich also zur Spannweite des Bogens wie 1 zu 2, 4 verhält, gemacht haben. Bey dieser Brücke, die der Baumeister *Carln* von Nürnberg aufführte, wurde am 1. März 1597 der erste Pfahl eingerammt, am 14. März 1598 der Grundstein gelegt und am 12. September der Bogen geschlossen. Früher (1448) war an eben dieser Stelle eine steinerne Brücke erbauet worden, die aber 1568 bereits so baufällig war, daſs man sechs eiserne Stangen in das Gewölbe legte,

um es zu halten. Die Widerlager ruhen auf 377 lothrecht und 104 schräg eingerammten Pfählen. Die letztern sollten den Druck des Gewölbes auf die Widerlager schwächen; eine Maafsregel, die, meines Wissens, bey keiner andern Brücke angewendet und die bey lothrechten Wänden überflüssig ist. Zwischen den Hauptgrundpfählen wurden noch 1085 kleine Pfähle eingerammt. Zu dieser Brücke sind 4628 grofse Werkstücke gebraucht, und wiewohl der Taglohn für einen Zimmermann und Steinhauer nur 15 kr. betrug, so hat sie dennoch 82,172 fl. gekostet, wovon dem Baumeister Carln für die geführte Bauaufsicht 13,000 fl. bezahlt wurden. Bey ihr ist noch anzumerken: dafs ihr Bogen bis auf das Widerlager herabgesetzt ist und dafs alle Steinfugen nach dem Punkte, aus welchem der Bogen beschrieben ist, gezogen sind.

§. 305. Die zweite merkwürdige Brücke zu Nürnberg ist die sogenannte ABC-Brücke (T. 131.) oder auch nach dem Kaiser *Carl VI.* die *Carlsbrücke* genannt. Sie wurde nach *Mur's* Beschreibung der Merkwürdigkeiten Nürnbergs 1728 vollendet*). Jeder ihrer zwey aus Sandsteinen erbauten Bögen hat eine Weite von 48 Schuh. Es verdient bemerkt zu werden, dafs die Bögen dieser Brücke aus drey Mittelpunkten construirt sind, welches damals selten geschah. Die über den Pfeiler angebrachte Oeffnung von $3\frac{1}{2}$ Fufs Breite und 7 Fufs Höhe unterbricht vortheilhaft ihre Seitenansicht.

§. 306. Die Brücke von *Neuilly* (Tab. 118.) ist eine der schönsten Brücken der Welt. Ihr berühmter Erbauer *Perronet* hat dieselbe in seinen Oeuvres mit aller Genauigkeit beschrieben. Ich werde mich jedoch nur auf eine kurze Anzeige beschränken müssen, indem ich bereits das Wesentlichste von den Fundationen und der Ausförderung des Wassers aus den Baugruben der Widerlager und Pfeiler, so wie von den dabey gebrauchten Schöpfmaschinen, im II. Bande vorgetragen habe, und die dabey gebrauchten Lehrgerüste, so wie die bey der Abführung der Gewölbe gemachten Erfahrungen in der Folge anführen werde.

Bey dem 3000 Toisen von den *Tuillerien* entfernt liegenden Dorfe *Neuilly* waren im Jahr 1768 die zwey hölzernen Jochbrücken, vom Eisgange so stark beschädigt worden, dafs sie nur bis zur Vollendung einer steinernen Brücke, nach Anwendung bedeutender Reparaturen, erhalten werden konnten**).

*) Nach einer andern schriftlichen Nachricht soll ihr Bau 1604 begonnen haben. Da die darauf gestandenen Kramläden nach dem Alphabet bezeichnet waren, fo nannte man sie *A. B. C.*-Brücke.

**) Die Veranlassung zur ersten hölzernen Brücke bey Neuilly war, wie *Sully* in seinen Memoiren T. VI. pag. 227. sagt: dafs *Heinrich IV.* und die Königin am 9ten Juni 1606, beym Ueberschiffen mit einer Fähre, bald ertrunken wären. Beyde stürzten mit ihrem Wagen in den Flufs, die Königin wurde bey den Haaren herausgezogen. Nützliche Anlagen haben öfters solche Ereignisse zu ihrer Entstehung, wenn die unnützen und lächerlichen vielvermögende Protectionen finden; einige geben lieber zu einem Blendwerk, das den andern Tag nichts als Schmutz zurückläfst, und selbst den Stoff verzehrt, hundert tausend Gulden, als zu einem der Nation und der Regierung Ehre bringenden Monumente, an welchem künftige Generationen den Geist und Geschmack ihrer Vorfahren erkennen, eine weit geringere Summe! —

Perronet gab der 45 Schuh breiten Brücke von Neuilly fünf Bögen, jeden zu 120 Fuſs Oeffnung, um eine Profilweite von 600 Quadratfuſs zu erhalten *). Nun betragen aber die Profilweiten der Seine unterhalb der Brücke von Mantes nur 336′, bey der Brücke Royal zu Paris 337′, und bey der von Jena 410 Fuſs; es scheint daher, daſs drey so groſse Bögen hinreichend gewesen wären! Auch beweisen die bey Neuilly in der Seine liegenden Sandbänke, daſs die Stromsection unter dieser Brücke zu groſs ist, und dann hätte man immer noch ein gröſseres Profil (von 360 Schuh) erhalten, als bey jenen auch über die Seine führenden Brücken statt findet. Indessen richtete sich Perronet nach der natürlichen Weite des Flusses, und man wollte in der Nähe von Paris ein *groſses Monument* haben; die Brücke wurde auch auf den Eingang der elysäischen Felder allignirt und die Chaussée mit neuen Alleen versehen. Die Höhe der aus eilf Mittelpunkten (Fig. 43 Tab. 130) beschriebenen Bögen beträgt 30 Schuh, der gröſse Radius miſst 150′ und der kleinste aus dem Punkte F. beschriebene 19′ 7″ 8 Linien. Die innere Gewölbfläche, mit Ausnahme der Stirnbögen, bildet eine Art Oval oder ein Korbgewölbe, und diese sind nach einem Kreisbogen geformt, welcher von der Oberfläche der Pfeiler angeht, wohingegen die Korbbögen dem niedrigsten Wasserstande gleich anheben, wie Fig. 2. Tab. 118. zeigt. Hierdurch sind also an den Bögen Ausschnitte oder Kuhhörner (*cornes de vache ou vousures*) entstanden, welche dieser Brücke ein sehr schönes Ansehen geben, und woran die Baumwurzeln, Eisschollen und Treibhölzer weggleiten, ohne die Steine zu beschädigen. Die Stirnbögen sind mit einem Halbmesser von 244 Fuſs beschrieben. Die Gewölbsteine bestehen aus Werkstücken, welche im Allgemeinen 5′ hoch, 18″ dick und 4 Fuſs breit waren, und die Fugen der Schluſssteine bilden mit der lothrechten Linie einen Winkel von 10 Minuten und 21 Sekunden. Es wurden in Allem 5650 Gewölbsteine gebraucht, und da der Kubikfuſs des Steins 165 Pfund wog, so erhält man für die Last eines Bogens 5,553,500 Pfund. Von diesen aus den Brüchen von Saillancourt, nicht weit von Meulan, genommenen Steinen, aus welchen man auch die Steine zur Brücke von Mantes mit dem beſsten Erfolge verwendet hatte, leistete ein Stück, von 4 Quadratzoll Grundfläche und einem Zoll Höhe, der Last von 7375 Pfund Widerstand. Die meisten Steine waren 30 bis 40 Kubikfuſs groſs; ja am Parapet sieht man einige, deren Länge 22 bis 34 Fuſs beträgt. Zu den Pfeilern, Gewölbschenkeln und Widerlagern wurden, ausser im Umfange, auch noch aus dem Rauhen behauene, aber nicht Bruchsteine, die man gewöhnlich dazu braucht, verwendet, und alle Werkstücke wurden auf der Achse transportirt.

Die Vorpfeiler sind nach Halb-Ovalen, wovon die gröſste Achse 12 Fuſs miſst, gemacht, und haben eine Länge von 10 Fuſs. Die Widerlager sind 100 Fuſs lang,

*) Die Maaſsen und Verhältnisse der wesentlichsten Theile dieser Brücke sind in dem zur 484. Seite gehörigen Tableau angegeben.

worin ihre Verlängerung (ausserhalb der Brücke) begriffen ist; durch dieselben geht ein 14 Fuſs weites Gewölbe, zum Behuf des Ziehweges. Diese 30 Fuſs 3 Zoll dicken Widerlager wurden noch mit 3, 6 Fuſs dicken und 14 Fuſs langen Stützmauern verstärkt, von welchen eine auf die Mitte der Brücke stöſst, und die hinten an einer 6 Fuſs dicke Mauer enden, welche seitwärts fortläuft und am Ende des Widerlagers 21 Fuſs zurückgezogen ist, um weiter die Ufermauer zu bilden.

Perronet hatte über den Widerstand oder die Tragkraft der Steine viele Versuche angestellt, und sich daraus überzeugt: daſs die Pfeiler dieser Brücke viel dünner gemacht werden könnten, als gewöhnlich im Gebrauch war; er bestimmte die Dicke dieser 14 Schuh 4 Zoll hohen Pfeiler zu 13 Fuſs, so daſs sich dieselbe zur Oeffnung des Bogens wie 1 : 9, 23 verhält. Nach seiner Erfahrung (p. 3. seiner Oeuvres) hält derselbe dafür: daſs die Pfeiler mit zehn Schuh hinreichend dick gewesen wären. Ihr Fuſs wurde in zwey Absätze getheilt; er hat eine 21 Schuh breite Umgebung, die so wie die Pfeiler und Widerlager, auf einem Pfahl- und Schwellroste ruhen; in der Mitte erhielten die Vorköpfe der Pfeiler eine kleine Ausbauchung. Die Seitenflächen der Brücke sind mit einer 27 Zoll hohen Bekränzung, deren Ausladung 19 Zoll beträgt, versehen.

Dieser Bau wurde unter der Leitung *Perronets* und der Aufsicht des Ingenieurs *Chezy*, nachherigen Directors der Schule des Brücken- und Wegbaues, im Jahr 1768 angefangen und 1774 vollendet. Die Kosten beliefen sich auf 3,577,300 Livres. Bereits 1772 war das Lehrgerüst mit 19 Reihen von Gewölbsteinen beschwert; 350 Steinhauer, einige 30 Wägen und 872 Arbeiter wurden in diesem Jahre verwendet, und am 12ten August waren, nach 2 Jahren, die sämmtlichen Bögen geschlossen, nachdem man 1770 die Lehrgerüste errichtet hatte. Die Arbeiten folgten so aufeinander: 1) Man begann am 28. April 1768 das gegen Courbevoie aufzuführende Widerlager mit einem 12 Fuſs dicken Fangedamm (Fig. 23. Tab. 84.) von 45 Klafter Länge zu umgeben, und rammte dessen 22 bis 24 Fuſs lange Pfähle und 21 Fuſs lange Spundplanken mit 600 bis 900 Pfund schweren Zugrammen ein; gewöhnlich binnen 12 Stunden mit einer Ramme 6 bis 7 Pfähle oder 16 Dammplanken zu einem 6 Fuſs tiefen Pfahlstand. 2) Am 21. May wurde das Innere dieses Fangedamms mit fünf solcher Schlammräumer, die im II. Bande S. 487 beschrieben und auf Tab. 82. dargestellt sind, bis 9 Fuſs unter dem niedrigsten Wasser, von Sand und Schlamm befreyt; 9 Mann wurden bey jeder Maschine gebraucht. Der Fangdamm wurde mit guter Erde, die mit Recht dem Lehm, der sich spaltet, vorgezogen werden muſs, gefüllt. 3) Die Baugrube für das Widerlager wurde ausgehoben, und jetzt stellte man die im IIten Bande S. 378. beschriebene Maschine (Fig. 4. und 5. Tab. 88.) auf, um dieselbe vom Wasser zu befreyen. Es wurden an dem Kranz des Rades 12 bis 16 Eimer, je nach der Wasserhöhe angehängt, und das Wasser 12 Fuſs hoch gehoben; binnen 24 Sekunden machte es einen Umgang und hob in 24 Stunden 16200 Muid Wasser. 4) Die 435 unter diesem linkseitigen Widerlager stehenden Grundpfähle wurden 8 bis 13 Fuſs

6 Zoll in den Grund eingetrieben und so lange mit 10 bis 13¾ Centner schweren Rammklötzen, mit 360 bis 480 Schlägen, dergestalt geschlagen, bis der Pfahl mit der letzten Hitze nur zwey Linien einrückte; zwölf Arbeitsstunden wurden täglich gearbeitet, und man rammte mit jeder Zugramme 3 bis 4 Pfähle, die auf 2 Fuſs Abstand stehen, ein. In der Mitte Augusts waren alle Pfähle geschlagen, und nun sägte man sie 6 Fuſs 6 Zoll unter dem niedrigsten Wasser, also beynahe 2 Fuſs höher ab, als Perronet anfänglich Willens war. Die Pfahlräume wurden mit Bruchsteinen, Mörtel, Kalch und Sand gefüllt, und Perronet bemerkt, (S. 68. seiner Oeuvres) wie die Meinung Einiger grundlos sey, daſs der Mörtel das Holz angreife. Vor der vordern Pfahlreihe wurde aus Bruchsteinen ein 6 Fuſs breiter und drey Fuſs hoher Steinwurf gemacht. 6) Während man die ersten Lagen dieses Widerlagers aufführte, wurde der Baubezirk des ersten Pfeilers mit einem 12 Fuſs dicken Fangedamm umgeben, aus dessen Innern der Schlammgrund und Sand ausgebaggert wurde; man entfernte ihn 20 Fuſs vom Pfeiler. 7) Die oben angezeigte Schöpfmaschine blieb jetzt stehen; man hing daran für den Baubezirk des Pfeilers acht Schöpfkästen, während sie im Bezirk des Widerlagers deren vier in Bewegung setzte. 8) Unter diesem Pfeiler wurden vom 5ten September bis zum 16ten, mit 5 Zugrammen, die auf zwey Fuſs Abstand stehenden 183 Grundpfähle dieses Pfeilers in neun Reihen, bis zum stehen, mit 1050 bis 1380 Pfund schweren Rammklötzen und bis zu einer Tiefe von 16 bis 19 Fuſs eingerammt. Indessen wurden die Arbeiter durch drey Hochgewässer unterbrochen. 9) Nachdem die Fundation des ersten Widerlagers und Pfeilers bewerkstelligt ward, die erstern Stein-Schichten aufgemauert waren, wurde 1769 der zweyte Pfeiler in einer Baugrube fundirt, deren linkseitiger Fangdamm sich an eine Insel anschloſs. 10) Der dritte und vierte Pfeiler konnten ohne Fangdämme, in der aus der Insel ausgehobenen Baugrube, fundirt werden. Es wurde also schon am 4ten Juli die Einrammung der 183 Grundpfähle des 3ten Pfeilers, mit 4 Zugrammen begonnen, und am 2ten August vollendet; die 13 bis 16 Fuſs in dem Grunde stehenden Pfähle wurden 7 Fuſs 6 Zoll unter dem niedrigsten Wasser abgesägt. Auch bey diesem Pfeiler wurde das Kastenrad angewendet, vor dessen Schauffelrad die *Seine* 5′ 9″ höher als unterhalb stand, 3⅘ Umläufe machte das letzte in der Minute, und von denen zwölf Kasten des erstern goſs jeder 4 Cubicfuſs Wasser aus, so daſs die Maschine in der Stunde 1200 Muid Wasser aufförderte. Am 13. September überstieg ein Hochgewässer die Fangdämme und die Arbeiten muſsten bis zum 3ten October unterbrochen werden; man kam jedoch 1770 zur Aufsetzung des Lehrgerüstes. Am 2. September 1772 wurde die Brücke in Gegenwart des Königs und einiger Hunderttausend Zuschauer vollständig ausgerüstet und zum erstenmal vom Könige befahren.

§. 307. Die Brücke von *Orléans* über die *Loire* (Tab. 127.) wurde nach den Entwürfen des Ingenieurs *Hupeau*, vom *Perronet* und *Soyer*, fortgesetzt. Ihr Bau ist 1751 angefangen und 1761 vollendet worden. Sie besteht aus neun Bögen, die

aus drey Mittelpunkten beschrieben sind und zwölf Zoll über den niedrigsten Wasserstand anfangen. Der mittlere Bogen hat 100 Fufs Weite und 28 Schuh Höhe; die übrigen Bögen sind 92, 94, 96, 98 Schuh weit und 25 Fufs hoch. Die vier mittlern Pfeiler haben eine Dicke von 18, und die übrigen von 17 Schuh. Die Dicke der zwey Widerlager beträgt 22 Schuh, so, dafs sich dieselbe zur Oeffnung eines Seitenbogens wie 1 : 4, 2 verhält. Der Schlufsstein des mittlern Bogens ist 6 Schuh 6 Zoll hoch. Das Mauerwerk der Widerlager und Pfeiler geht vier Schuh sechs Zoll bis zehn Fufs unter dem niedrigsten Wasserstande hinab, und ruht auf einen Pfahl- und Schwellrost, der sehr deutlich in den auf Tab. 127., von den Fundationen, dargestellten Zeichnungen (Fondations du pont d'Orléans) angegeben ist. Diese zeigen auch, dafs die Loire, da wo die Brücke aufgeführt wurde, über den niedrigsten Wasserstand hervorragende Inseln und Sandbänke, hatte.

Der Bau dieser Brücke kostete 2,671000 Livres. Vier Jahre wurden für die Fundation, vier zur Aufrichtung der Bögen und zwey zur gänzlichen Vollendung gebraucht.

Wir wollen jetzt die ungeheuer kostbaren und mühsamen zu den Fundationen abzweckenden Arbeiten etwas näher kennen lernen, weil sie uns die Methode zeigen, nach welcher man bey ähnlichen Brücken-Gründungen verfuhr. Anfänglich wurden vom linkseitigen Ufer, d. i., von der Stadtseite ab, der Fangdamm *abdgo* (T. 127.) geschlagen. Er besteht aus zwey Reihen auf 12 bis 13 Schuh Abstand stehenden Pfählen, welche in jeder Reihe 4 Schuh entfernt sind. Die zweyte Figur Tab. 88. zeigt den Durchschnitt eines solchen Fangdammes, im grofsen Maafsstabe, worin *g* die eine der Spundwände angezeigt ist. Dieser grofsen Abdammungen wegen wurde zugleich der sechs Schuh breite kleine Fangdamm *i h* (s. T. 127. la Fondation) angelegt, um den Bezirk, worin der erste Pfeiler aufgeführt werden mufste, so klein als möglich zu machen, damit derselbe desto eher vom Wasser befreyt werden konnte. So war also der erste Haupt-Baubezirk in zwey kleinere abgetheilt. Aus dem einen, worin das Widerlager (Culée Tab. 127.) über den Grund- und Schwellrost aufgeführt wurde, ward das Wasser, vermittelst des im II. Bande Seite 358 beschriebenen, in Fig. 6. und 7. Tab. 88. dargestellten Zellenrade *z* Tab. 127. (la Fondation) und mit zwey und dreyfsig Paternosterwerken, wovon achte bey *yy* standen, die mit dem von 12 Mann im Umtriebe erhaltenen Zellenrade, das gehobene Wasser in die gemeinschaftliche Rinne *y* brachten, und mit neun andern Paternostern *x* es ausförderten. Als die Steinlagen des Widerlagers über den niedrigsten Wasserstand gekommen waren, wurden 18 Paternosterwerke bey *ρρ* und *o* hinter dem Fangdamm *bgo*, zur Leerung des Baubezirks vom ersten Pfeiler (Siehe Ière. pile Tab. 127.), welcher von der andern Seite mit dem schmalen Fangedamm *h i* begränzt war, aufgestellt. Jetzt wurden die Grundpfähle *p* dieses Pfeilers so eingerammt, wie sie in dem bezeichneten Grundrisse stehen; dann legte man, nach vorhergegangener Ausbaggerung alles Sandes und

schlammes, die Rostschwellen *s*, füllte die Zwischenräume, nagelte die Rostplanken auf diese Schwellen, und legte die ersten Steinschichten *r* des Pfeilers. Diese Arbeiten wurden im Jahre 1751, unter der speciellen Leitung der Ingenieurs *Soyer* und *Bugy*, angefangen. Ein Regiment Soldaten verwendete man zum Abtragen der alten den Einsturz drohenden Brücke; wovon ein Bogen mit hölzernen Zwingen gehalten war.

Der *zweyte Haupt-Baubezirk*, worin man den zweyten und dritten Brückenpfeiler aufführte, wurde von dem grofsen Fangedamm *g g*, *c d* und *k r* (Tab. 127. la Fondation) nach drey Seiten und nach der vierten von der Insel, eingeschlossen. Da es unthunlich war, den Strom mit Fangdämmen gröfstentheils zu einer und derselben Zeit zu sperren: so waren die Dämme des ersten Baubezirkes bis auf das Stück, *g g*, *c d*, herausgezogen, und dieses Stück diente jetzt auch zu der einen Seite des grofsen Fangdammes vom 2ten Haupt-Baubezirk. In diesem wurde der 2te und 3te Pfeiler, für sich, noch besonders mit Fangdämmen von einander getrennt, um das Wasser ihrer Baugrube gewältigen zu können; der zweyte Pfeiler wurde nämlich mit dem nur drey Schuhe dicken Fangdamm *i l m n*, dessen Wände aus Brettern und kleinen Pfählen bestanden, umgeben. Der äufsere Bezirk sollte, mittelst eines in dem Strom angebrachten Schauffelrades *A*, welches das im II. Bande Seite 361 und auf Tab. 87. in Fig. 1. dargestellten Schauffelwerk *B D* Tab. 127., im Umtriebe setzte, und das aufgehobene Wasser bey *B* in eine Rinne *B E* ergofs, zum Theil vom Wasser befreyen. Auch wurden zu diesem Behuf noch mehrere Paternosterwerke (II. Band Seite 369 bis 374 und Fig. 25. bis 28. Tab. 91.) errichtet. Während diese Ausschöpfungsarbeiten bewerkstelligt wurden, fanden sich aber einige Quellen *F* und Spalten im Erdreiche vor; diese wurden mit Spundplanken umgeben und mit Dammerde gefüllt; endlich wurde der erwähnte kleine Fangdamm *i l m n*, der sich an den grofsen anschlofs, rund um den Pfeiler errichtet. Man stellte anfänglich die 17 Paternosterwerke *W W* auf, späterhin 25, ohne das grofse Schaufelwerk *B D* zu rechnen; aber dennoch drang durch die nämlichen Quellen das Wasser so stark in den Baubezirk ein, dafs 360 Arbeiter nicht im Stande waren, dasselbe mittelst diesen Paternostern zu gewältigen. Dieses entstand, wie Perronet anführt, daher, dafs man die Ausbaggerungen derjenigen Stellen, wo Spalten und Quellen sich vorfanden, unterlassen hatte. Man entschlofs sich daher: den Bezirk der Quellen *G* und *F*, bis zum festen Boden auszuheben, und dann auf jede Quelle eine grofse und starke Tonne, um welche, auf zwey Schuh Abstand, eine Spundwand geschlagen, und der Zwischenraum mit fester Erde gefüllt wurde, zu setzen. Das Wasser stieg nun bald bis zur Oberfläche der Tonne, so, dafs eine zweyte aufgesetzt werden mufste, damit es darin, bis zur Oberfläche des Flusses, steigen konnte. Indessen quoll auch an andern Stellen viel Wasser durch den Boden in die Baugrube, und man sah sich genöthigt, in dem Haupt-Bezirke längs dem Pfeiler und um die Quellen, noch Fangdämme zu errichten, um das Wasser abzuhalten. Endlich war man so weit gekommen, drey Rammen aufzustellen, um

die Grundpfähle des zweyten Pfeilers einzutreiben. Der Rammklotz wog 900 Pfund, und mit jeder Maschine wurden täglich 8 Pfähle eingerammt. Die Arbeit war kaum einige Tage angefangen, als der Strom stieg, welcher das grofse Schauffelrad *A* zerbrach; glücklicher Weise fiel der Flufs, und die Maschine wurde wieder hergestellt. Kaum hatte man diefs bewerkstelliget, als sie abermals zerstört wurde; indessen machte man sie wieder gangbar, und vermittelst des davon im Umtriebe gesetzten Schaufelwerkes *BDE*, so wie mit 34 Paternosterwerken, wurde die Ausleerung der ersten Abtheilung dieses zweyten Haupt-Baubezirkes, binnen sieben Tagen, vollzogen.

Gewöhnlich, sagt Perronet, pressen die Grundpfähle das Terrain dergestalt zusammen, dafs sie die Quellen verstopfen, aber hier erfolgte das Gegentheil, und wahrscheinlich hatten die Pfähle den festen Grund gespalten, indessen wurden dieselben glücklich abgeschnitten, und der Schwellrost darauf gebracht. Die übrigen Quellen wurden bey diesem Pfeiler, wie beym Bau des Widerlagers, mit lebendigem Kalch und Säcken, die man mit Mörtel füllte, zugestopft. Aehnliche Quellen waren im ersten Baubezirk entstanden, die man eben so mit Spundwänden und Tonnen (II. Bd. S. 553.) eingefafst hatte. Indessen wurde die in der Gründung des zweyten Pfeilers ausgebrochene Quelle *G* so bedeutend, dafs man 150 Soldaten anstellen mufste, um daraus das Wasser, mittelst Handeimern, auszuschöpfen. Man sieht daher aus der Perronetschen Beschreibung p. 108, dafs man damals die Versenkung eines Rostes unter dem Wasser auf Grundpfählen, entweder nicht kannte oder nicht anwenden wollte, und dafs die Wasserhebungs-Arbeiten und Abdammungen ungeheuere Kosten verursacht haben. Es wurden nämlich die Pfähle der Pfeiler sechs Schuh zwey Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande abgesägt; ohne Zweifel hätte man sich mit fünf Fufs begnügen können, so dafs man gar keine Umdämmung und Ausschöpfung des Wassers nothwendig gehabt hätte, denn in der That wurden bey einigen Pfeilern die Pfähle nur 5 Schuh 6 Zoll abgeschnitten. (S. die Oeuvres von Perronet p. 215.,) wenn gleich die Grundpfähle des vierten Pfeilers 7 Schuh 8 Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande abgesägt wurden. Des dritten Pfeilers Baubezirk endigte an einer Insel, und war von dem Haupt-Fangedamm und einem 8′ breiten von *z* nach *y* gehenden Damm abgeschlossen. Das darin stehende Wasser wurde mit dem, vermittelst eines Pferdegöpels *L* in Bewegung gesetzten Schaufelwerkes *M*, welches dem im II. Bande S. 367 beschriebenen und in Fig. 3. Tab. 87. dargestellten, ähnlich war, ausgehoben. Nachdem des zweyten und dritten Pfeilers Steinlagen über den gewöhnlichen Wasserstand emporgestiegen waren, wurden alle Fangedämme des zweyten Haupt-Baubezirkes ausgezogen, um dem hohen Strome einen freyen Abflufs zu verschaffen und die Fundation fortsetzen zu können.

Der *dritte Haupt-Baubezirk* wurde von dem den fünften und sechsten Pfeiler umschliefsenden Hauptfangdamme *wyxva*, umschlossen, welcher Damm sich bey *w* und *a* an die Insel anlehnte. Da der vierte Pfeiler in einem stehenden Wasser ge-

gründet werden mufste, so wurde ein kleiner Fangdamm *s t* angelegt. Das mit neun Paternosterwerken *U V* und dem Zellerrade *N*, aus dem Baubezirk des vierten Pfeilers geschöpfte Wasser wurde in der Baugrube des fünften Pfeilers geworfen, nachdem dieses Pfeilers erste Steinlagen gelegt waren; den Schlammgrund hatte man in dessen Fundation mit der im II. Bande S. 487 beschriebenen und auf Tab. 82. dargestellten *Delonschen* Baggermaschine aufgebracht; sechs Mann förderten mit ihr täglich 1½ Cubik-Klafter Schlamm auf. Wie vier Rammen 1, 2, 3, 4, gestellt wurden, dies zeigt die auf Tab. 127. dargestellte Pfahlgründung des vierten Pfeilers. Die Baugrube des fünften Pfeilers wurde von der des sechsten mit dem Fangdamme *s s* abgeschlossen. Um sie vom Wasser zu befreyen: wurden zwey mit dem Pferdegöpel o in Bewegung gesetzten Schaufelwerke, die im II. Bande S. 366 beschrieben und in Fig. 3. Tab. 87. dargestellt sind, und 22 Paternosterwerken *S L T* errichtet. Mit diesen Maschinen erniedrigte man das Wasser um zwey Fufs unter dem des Flusses.

Besonders war das Terrain bey diesem fünften Pfeiler sehr schlecht und man war genöthigt, zwey Pfähle auf einander zu schiften, so, dafs ein solcher Pfahl 46 Fufs tief in den Grund eingerammt wurde. Als die Pfähle erst acht Fufs eingedrungen waren, rückten sie sehr wenig; ein unerfahrner Ingenieur würde demnach mit dem Einrammen derselben aufgehört haben! Kaum war aber diese erste Erdschichte, welche dem Eindringen der Pfähle einen so bedeutenden Widerstand entgegengesetzt hatte, mit einigen Hitzen durchstofsen, so rückten die Pfähle wieder leicht in den Grund. Dieser Fall beweifst also: wie nothwendig es sey *a)* die Spitze des Pfahls ganz in einen eisernen Schuh einzuschliefsen, denn sonst würde die aufgepolsterte Spitze das Tiefereindringen der Pfähle versagt haben und man hätte dieselben für *feststehend* erklärt, und *b)* beym Einrammen der Grundpfähle massiver Brücken mit der gröfsten Umsicht zu verfahren. Nachdem das Mauerwerk des vierten, fünften und sechsten Pfeilers über das Wasser der Loire emporgestiegen war, wurde der ihren Haupt-Baubezirk umgebende Fangdamm, bis auf den zwischen *x* und *y* liegenden Theil, an den man den Fangdamm des vierten Baubezirks anschlofs, herausgezogen; dieser Theil *x y* bildete nämlich eine Wand dieses Fangdammes. In diesem vierten Baubezirk wurden der siebente und achte Pfeiler fundirt; beym erstern stellte sich eine grofse Quelle *P* ein, die man im Innern mit einer Tonne, und aufserhalb mit einem Fangdamme, einschlofs. Die Ausschöpfung des Wassers war aber bey diesem Pfeiler so kostbar, dafs man ihn den *Goldenen-Pfeiler* nannte. Während man an dem achten Pfeiler arbeitete, wurde am siebenten der Fangdamm gemacht, und das mit dem Haupt-Baubezirk eingedrungene Wasser ward mit Handeimern ausgeschöpft. Des achten Pfeilers Grundpfähle wurden sechs Schuh sieben Zoll, die des siebenten aber noch tiefer unter dem niedrigsten Wasser abgesägt.

In demselben Jahre (1753), als man die Fundation dieser Pfeiler bewerkstelligte, wurde auch, vor dem linkseitigen Widerlager, ein Fangdamm, dessen vordere Wand eine Abtheilung von dem den vierten Haupt-Baubezirk umgebenden Damm bildete, errichtet; die zur Aufführung des Wassers dienenden Paternosterwerke stellte man zwischen R und R. Da der Grund, unter diesem Widerlager, sehr locker war, so mufsten zwey Hölzer zu jeden Grundpfahl aufeinander geschiftet werden, so dafs einige Grundpfähle die Länge von 57 Schuhen erhalten haben.

Im Allgemeinen mufs ich bemerken: dafs bey allen Widerlagern und Pfeilern der Sand- und Schlammgrund ausgebaggert, der Zwischenraum zwischen dem Roste und den Grundpfählen mit lebendigem Kalch und Kiesel ausgefüllt wurde und dafs man, bey Legung des Schwellrostes, viele Arbeiter anstellte, welche das Wasser mit Handeimern ausschöpften.

Nachdem man jetzt die verschiedenen Gerüste und Transportbrücken angebracht, darauf die Hebmaschinen gestellt, die Lehrgerüste aber errichtet hatte, wurden im Jahre 1755 die ersten Bögen aufgesetzt; die Lehrgerüste wurden so construirt, wie ich es in der Zukunft beschreiben werde. Bis Ende July waren sie alle aufgerichtet. Am 13. Septbr. waren zwey Bögen geschlossen und am 23. zweye ausgerüstet. Der dritte Bogen wurde am 16. September vollendet. In dem ersten und zweyten Bogen sprangen einige Gewölbsteine; der Ingenieur wird dieses Ereignifs nicht als einen Fehler des Werkes betrachten, wiewohl er dasselbe zu vermeiden trachten mufs, wenn es nur immer möglich ist. 1756 wurde der vierte Bogen aufgerichtet, und am 13. Septbr. geschlossen. Erst am 23. October wurde der dritte im vorigen Jahr geschlossene Bogen ausgerüstet; in dem mittlern oder gröfsten Bogen wurden 16 Gewölbsteine gelegt. Im Jahr 1757 errichtete man den sechsten Bogen; aber ein grofser Sturm hatte das noch nicht geschlossene Lehrgerüst auseinander geworfen, welches noch einmal gemacht werden mufste. Wo man wenig bauen läfst, würde dies Ereignifs eine grofse Sensation gemacht haben; in Frankreich sah man es mit Recht als ein Ereignifs an, welches nicht zu vermeiden gewesen war. Am 7. Juni nahm ein Hochgewässer die Transportbrücken des sechsten und zum Theil des fünften Bogens fort, welche Bögen jedoch am 27. geschlossen wurden; am 7. Juli wurde der vierte Bogen ausgerüstet; er setzte sich 20 Zoll. Derselbe hat 98 Schuh Oeffnung; der siebente aber nur 96 Schuh. In demselben wurden (im nämlichen Jahre) nur 18 Gewölbsteinreihen gelegt; aber der sechste Bogen wurde am 19. September 1757 geschlossen, und der mittlere oder fünfte am 9. November ausgerüstet.

Den 27. Juni 1758 ist der siebente Bogen geschlossen, und den 12. Juli der sechste ausgerüstet worden; der achte ist am 12. Septbr., und der neunte am 12. Oct. geschlossen worden. In diesem letzten Jahre wurden auch die Vorköpfe der Pfeiler aufgeführt. Im Jahre 1759 setzte sich der siebente Pfeiler achtzehn Zoll, jedoch ziemlich horizontal; schon im November des vorigen Jahres hatte man dieses Setzen

bemerkt, und den Pfeiler mit 1200000 Pfund Steinen beschwert, um für die Folge unbesorgt seyn zu können. Diese Last blieb fünf Monate darauf ruhen; als man kein weiteres Setzen bemerkte, hat man sie davon genommen, die schadhaften Theile des Pfeilers abgetragen und von Neuem aufgeführt. Damit der sechste, achte und dieser siebente Pfeiler mit keiner so grofsen Last, als das volle Mauerwerk in den Schenkeln betrug, beschwert werden möchte, um dessen Setzen zuvorzukommen: so brachte man über die Pfeiler und in den Schenkeln der Bögen, hohle Gewölbe *f f f* (S. Fig. 24. Tab. 127.) an. Hierdurch verringerte man die Last um 4260000 Pfund, welche jeder von diesen Pfeilern weniger zu tragen hat, als die übrigen Pfeiler.

Nachdem im Winter 1761 der Strom das Bett unter drey Bögen vertieft hatte, nämlich bey den Vorköpfen der Pfeiler um drey Schuh: so wurde, vor diesen sowohl als vor den Bögen hin, eine doppelte Pfahlreihe, über die ganze Breite des Flusses, eingerammt; beyde Reihen standen zwölf Schuh auseinander, die Pfähle jeder Reihe aber auf 6″ Abstand. Diese Pfahlwände wurden, drey Fuſs unter dem niedrigsten Wasserstande abgeschnitten und der Zwischenraum ward mit Bruchsteinen ausgefüllt.

So ist dieses grofse und schöne Werk entstanden, welches der französischen Nation und seinen Erbauern ewig Ehre machen wird.

§. 308. Die Brücke von *Mantes* (Tab. 125.), welche nach den Entwürfen von *Hupeau* und *Perronet*, über die *Seine* (zwischen Paris und Rouen) in den Jahren 1757 bis 1765 erbaut worden ist, besteht aus drey Korbbögen, welche aus eilf Mittelpuncten (Fig. 33. Tab. 130.) beschrieben sind, wovon die Seitenbögen 108 Schuh und der mittlere 120 Schuh Oeffnung haben. Die Breite der Brücke beträgt 33 Schuh 4 Zoll, die Dicke der Pfeiler 24′ und die Widerlager 27 Schuh; an diese schliefsen sich zwey 11′ 4″ 6‴ dicke, 14′ lange und 37′ hohe Stützmauern, von welchen zwey Kaymauern auf eine bedeutende Länge fortgehen, deren Dicke an der Grundfläche 10′ beträgt. Die Höhe dieser drey Bögen ist 32 Schuh 6 Zoll und 35 Schuh. Sie haben zwey alte Brücken ersetzt: denn der Seineflufs theilte sich bey Mantes in drey Hauptarme. Ueber den dritten bey der Vorstadt *Limay* vorbeyfliefsenden Arm, steht noch gegenwärtig die unter *Sullys* Ministerium 1608 *) erbaute steinerne Brücke; sie könnte erhalten werden (Oeuvres de Perronet p. 135), wenn damit ein guter Plan hätte verbunden werden können, welches unthunlich war, indem diese Brücke und die neue nach verschiedenen Richtungen gelegt sind. Es sollten also hier zwey neue

*) Sully erwähnt in seinen Memoires (Tom. 1. p. 78) des Baues der steinernen Brücke zu Mantes ausdrücklich: also war sie ein Werk, welchem er einen gewissen Werth beylegte und Er sagt: „On auroit pu pousser beaucoup plus loin ces ouvrages de necessité ou de commodité publique, si le Roi (Henri IV) avoit bien voulû, suivant mon conseil, y sacrifier une partie de ses depenses particulières."

und gleiche Brücken erbauet werden *). Ueber den zweyten, aber kleinsten Arm stand die Brücke Pont *Fayal*, welche dreyzehn enge Bögen hatte, und die dritte vor der Stadt Mantes aus eben so vielen Bögen von 30 Schuh Weite bestehende Brücke ist eben so wie von Fayal abgebrochen und durch die neue ersetzt worden.

Die Seitenmauern der Brücke von Mantes sind zwey Schuh, die Pfeiler und Widerlager 6′, unter dem niedrigsten Wasserstande, auf einen Pfahl- und Schwellrost gegründet. Man hätte dabey die kostbaren Umdammungen und Schöpfmaschinen, deren Stellungen in Fig. 13. Tab. 125. angezeigt sind, (Siehe II. Band Seite 366) ersparen können, wenn man sich mit einer 3½ bis 4 Fuſs tiefen Versenkung hätte begnügen, und diejenige Methode befolgen wollen, welche ich bey der Gründung des Landshuter Wehres (II. Band Seite 635) in Ausübung gebracht habe. Die Anfänge der Bögen liegen drey Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande.

Der Ingenieur *Hupeau*, unter dem dieses Werk für 612000 Livres in Entreprise gegeben wurde, wollte die Gewölbe nach halbovalen, aus drey Mittelpuncten, mit 60° haltenden Bögen beschreiben, aber nach seinem Tode, als Perronet 1763 den Bau übernahm, welcher, des Krieges wegen, bis dahin geruht hatte, zeichnete dieser die Bögen aus eilf Mittelpuncten. Die bereits gelegten Gewölbsteine wurden abgenommen und nach der neuen Gewölblinie behauen. Die Werkzeichnungen der Bögen wurden auf eine mit Gyps begossene Mauerfläche, in natürlicher Gröſse, gezogen.

Im Jahre 1764 wurden zur Verfertigung des Lehrgerüstes (F. 18. bis 26. T. 125.) 54 Zimmerleute verwendet. Das des mittlern Bogens war 12 Zoll und das zu den Seitenbögen neun Zoll höher als die Bogenlinie gemacht, welchen Raum man für die Setzung der Bögen, während ihrer Aufrichtung, rechnete. Zwischen den Lehrgerüsten und den Gewölben wurde zur Aufnahme der Deck- und Lagerhölzer ein Zwischenraum von 18 Zoll gelassen. Zur Aufrichtung des Lehrgerüstes wurden auf 9 Schuh Abstand sechs Schuh über das niedigste Wasser zwey Pfahlreihen eingerammt und mit Holben, zu einem Transportgerüste verbunden! Am 1. July 1763 setzte man, in zwey Bögen, sieben Gewölbsteinreihen auf (Fig. 16.). Die übrigen Gewölbsteine wurden, vermittelst in dieser Figur dargestellten Hebmaschine, die man mit Haltseilen B E, welche an, in den Boden befestigten Pfählen angebunden waren, lothrecht gehalten. Sobald die sechszehnte Gewölbsteinreihe gelegt war, wurden auf der Mitte des Gerüstes 103 Gewölbsteine *g* gebracht, welche 420000 Pfund wogen. Diese Last verhinderte das Aufsteigen des Gipfels vom Lehrgerüste, welches entsteht, sobald dessen Schenkel von den darauf gelegten Gewölbsteinen abwärts gedruckt werden.

66 *

*) Der Vorschlag Hupeau's (S. Oeuvres de Perronet planche XX) war, zwey gleiche Brücken über die zwey Seiten-Fluſsarme der Seine zu erbauen, wodurch man den dritten oder Mittlern-Arm auswich, der jetzt mit einer Chaussee zugedammt ist. Man hat aber nur eine Brücke ausgeführt, und die Brücke Lymay ist geblieben, so daſs das schöne Projekt nur zur Hälfte realisirt wurde.

Ich erwähne nun von den verschiedenen Fugentrennungen, welche in den Bögen, während ihrer Aufrichtung, statt fanden, hier noch nichts, weil ich davon an einem andern Orte sprechen werde; aber ich darf die Nothwendigkeit nicht unbemerkt lassen, welche darin besteht, wo möglich, alle Bögen einer Brücke zu gleicher Zeit zu wölben. Als nämlich in dem einen Seitenbogen nur noch 12 Gewölbsteinreihen zu legen übrig waren, hatte man auf den grofsen Bogen deren zwölfe weniger aufgebracht. Das Ungleiche des Drucks auf den Pfeilern, welchen man bewirkt hatte, damit der eine ohne Gegendruck stehende Pfeiler nicht zu sehr beschwert wurde, äusserte sich dennoch auf den ersten Pfeiler dergestalt, dafs derselbe gegen den grofsen Bogen um 3″ 9‴ zurückwich. Hierdurch gab sich das Lehrgerüst des grofsen Bogens 3″ 10‴ in die Höhe und das des kleinen Bogens senkte sich. Hätte man jenen Bogen mit mehr Gewölbsteinen versehen, so würde dieser Umstand gefährlich geworden seyn, welchen man durch Beschwerung des Lehrgerüstes vom grofsen Bogen würde verhindert haben. Wiewohl die Aufführung dieses Bogens beschleuniget wurde, so bog sich der daranstofsende Pfeiler, nach drey Tagen, um 5‴, in den nächsten acht Tagen noch 4 Linien: so dafs die ganze Abweichung von der lothrechten Ebene 4″ 6‴ betrug. Sobald aber das Gleichgewicht der zwey Bögen hergestellt war, bemerkte man keine weitere Ueberweichung der Pfeiler. Als der mittlere Bogen aber weiter aufgeführt wurde, bog sich der eine Pfeiler 2″ 2‴ nach der entgegengesetzten Seite. Man hielt daher mit seiner Aufführung inne, und verstärkte die vier innern Rippen des Lehrgerüstes, mit doppelten Schwellen und Zugstreben *i k l m* (Fig. 20.), welche man mit Zugbändern einschlofs; jetzt beschwerte man dieses Gerüst mit 123 Gewölbsteinen, welche zusammen 170000 Pfund wogen. Nachdem auf diese Weise der zweyte Pfeiler gegen den Druck des grofsen Bogens hinreichend gesichert war, führte man die Seitenbögen und den mittlern Bogen vollkommen auf. Jener wurde am 27. September geschlossen. Jetzt zeigte sich: dafs der erste Pfeiler gegen die Stadt zu um 25 Linien an der flufsaufwärts befindlichen Spitze und 2″ 4″ an der flufsabwärts befindlichen, gewichen war. Indessen liefs sich an der äussern Fläche des Pfeilers nicht die geringste Beschädigung wahrnehmen.

Ueber die fernere Ausführung der Brücke kömmt noch zu bemerken: dafs die zehn Reihen Gewölbsteine auf jeder Seite des Schlufssteines, wovon die obern aus einem Stück bestanden, bey jedem Bogen auf Lagerklötze trocken gelegt wurden, und zwischen je zwey Gewölbsteinen hatte man zwey aus Eichenholz bestehende Keile *x* (Fig. 17.) eingesetzt, deren Länge vier Schuh, deren Breite 3″ 6‴ betrug, und die oben zwey Zoll dick waren. Sie wurden zwischen zwey mit Seife bestrichenen dünnen Brettern gesetzt, welche in Fugen, die man in der gelegten Reihe der Gewölbsteine gemacht hatte, eingelassen waren. Indem man diese Keile zuerst in dem einen Seitenbogen, vor seiner Ausrüstung, mit 10 bis 12 Pfund schweren hölzernen Schlägeln eintrieb, in dem andern nachher; welches Eintreiben bey dem am entfern-

testen vom Schluſs gesetzten Gewölbstein anfieng, so bemerkte man, daſs die untere Fläche der Steine um einige Linien von der Gewölbkrümmung abwich. Ein weiteres Abweichen zu verhindern, wurde Cementmörtel in die Fugen, auf eine Höhe von sechs Zoll, eingegossen, nachdem sie unterhalb mit Werch verstopft waren; in allem wurden 512 Keile eingetrieben. Der groſse Bogen setzte sich vor Einlegung des Schluſssteins 12 Zoll und die kleinern 9 Zoll, und zwar von dem Druck, den ihre Massen auf das Lehrgerüst ausgeübt hatten. Den 22. August wurden alle Bögen ausgerüstet und der Anfang mit dem Abbrechen der alten Brücke gemacht. Wie die Lehrgerüste, mittelst Hebbäumen *A* (Fig. 14.) und Flaschenzügen *C* und den Winden *D E*, errichtet wurden, und wie diese Hebbäume mit den an eingerammten Pfählen angespannten Haltsäulen *B* und einer Winde *D* vertical gehalten wurden, zeigen die 14te und 15te Figur der 125. Kupfertafel.

§. 309. Die Brücke von *Saumur* *) (Tab. 127.) ist zwischen 1756 und 1764 erbaut worden. Sie besteht aus 12 Korbbögen von 60 Fuſs Oeffnung. Ihre 20′ hohe Bögen sind aus eilf Mittelpuncten beschrieben. Die Pfeiler, deren Grundpfähle in Fig. 14. und deren erste Steinlagen in Fig. 12. und 13. angezeigt sind, haben eine Dicke von zwölf und die Widerlager von 15 Schuh. Die Länge des Schluſssteins der Gewölbe beträgt 4′ 6″, seine Dicke 2 Fuſs, und die der Gewölbsteine 1′ 9″. Die Anfänge der Bögen liegen 4′ über den niedrigsten Wasserstand und die Breite der Brücke miſst 42 Schuh. Dieses Werk hat 1,700,000 Livres gekostet. Den ersten Entwurf machte der Ingenieur *Voglio*; *Cessart* hat denselben vervollkommnet und ausgeführt. Da die ganze Last von 106 Millionen Pfunden auf den eilf Pfeilern und zwey Widerlagern vertheilt werden muſste, so schien die Fundation, bey dem schlechten Grunde, die gröſste Vorsicht zu verdienen. Jeder Pfeiler sollte 116 Grundpfähle und jedes Widerlager 202 erhalten, so daſs auf jeden Pfahl eine Last von 63000 Pf. kömmt, welches eine geringe Schwere für eine bis zum Stehen mit einem 1200 schweren Rammklotz eingerammte Pfahl ausmacht. II. B. S. 445. Denn Perronet hält in seinen Oeuvres S. 597 dafür, daſs ein Pfahl, welcher mit einem 600 Pfund schweren Rammklotze, dessen Fallhöhe vier Schuh beträgt, eingetrieben ist, 380000 Pf. tragen könne, ohne dadurch tiefer in den Grund einzudringen.

Man fing nun am 3. May 1756 an, das erste Widerlager, nach der Vorstadt zu, mit einem 12 Schuh dicken Fangdamme zu umgeben, 23 Paternosterwerke zu

*) Bey Saumur stand vorher über den einen Arm der Loire eine steinerne Brücke *des Sept-Voies* genannt, deren Bau 1230 angefangen wurde. Ihre acht 56 Schuh weite Bögen waren nach Halbkreisen gewölbt. Zwey davon stürzten 1752 ein, weil die Fundation eines Pfeilers unterwaschen war. Die Gründung dieser Brücke bestand auf dem losen Sandgrunde der Loire aus einem Steinwurf von vier Schuh Dicke, und der um die Pfeiler und durch den ganzen Fluſs fortgesetzt war; dessen sorgfältige Unterhaltung muſste, bey dem eingestürzten Pfeiler, verabsäumt worden seyn, die bey solcher, über ein Sandlager angebrachten Gründung, durchaus nothwendig ist.

errichten; 116 Arbeiter wurden dabey in Thätigkeit erhalten, und 80 andere zum Schöpfen des Wassers mit Eimer verwendet.

Endlich wurden 600 Arbeiter zu dem Ausschöpfen der Baugruben vor dem Widerlager und dem ersten Pfeiler angestellt; dennoch konnte man das Wasser nicht so tief, als man wollte, erniedrigen und die Grundpfähle wurden deshalb nur vier Schuh einen Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande abgeschnitten.

Diese kostbahren Fangdämme und diese Ausschöpfungen, sind also in der That eine vergebliche Ausgabe gewesen, denn man hätte den Rost der Pfeiler und Widerlager, wie ich bereits bey der Brücke von Mantes erwähnte, eben so tief auf die Grundpfähle aufnageln können, eine Methode, die ich bey mehrern Bauten angewendet und in diesem Werke beschrieben habe. Ja, man hätte auch das Mauerwerk vollkommen genau in einem auf diesen Rost zu setzenden Kasten aufführen können.

Endlich mufsten die Ausschöpfungs-Arbeiten am Widerlager, des hohen Stromes wegen, der den Fangdamm zerrifs, ganz eingestellt werden! Im folgenden Jahre wurde dieser gänzlich abgetragen, und ein neuer dem Widerlager näher gelegt, weil man anfänglich einen zu grofsen Baubezirk abgeschlossen, folglich die Ausschöpfungs-Arbeiten unnöthiger Weise vertheuert hatte. Diese in der That unnöthigen Arbeiten zeigten so viel Schwierigkeiten, bey dem ersten Widerlager und Pfeiler, und die Nothwendigkeit, jeden Pfeiler mit einem 2400 Schuh langen Fangdamm zu umgeben, erschien fast unausführbar, dafs sich endlich die Ingenieurs *Voglio* und *Cessart*, zu der Methode, *in Kästen zu gründen*, welche *Labelye* bey der Brücke von Westminster angewendet hatte, entschlossen. Man sah indessen ein, dafs auch diese Kästen auf Grundpfähle gesetzt werden mufsten, weil das natürliche Flufsbett nicht fest genug war, und die Senkung zweyer Pfeiler an der Westminsterbrücke dieses durchaus zu erfordern schien. Diese Kästen, welche ich sowohl als ihre Versenkung im nächsten Kapitel beschreiben werde, und die auf Tab. 127. Fig. 1. bis 8., so wie in Fig. 10., 15. und 16. dargestellt sind, sollten nur 20 Zoll rund um das Mauerwerk Raum lassen, welchen man für die Arbeiter hinreichend hielt, und so wollte man darin dasselbe sechs Fufs unter dem niedrigsten Wasserstand aufführen.

Da der, den Rost bildende Boden des Kastens, 1 Fufs 10 Zoll hoch war, so mufsten die Pfähle 7 Schuh 10 Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande abgeschnitten werden, welches Cessart nach seinem Werke: Déscription des travaux hydrauliques, mit einer künstlichen Säge, die 2200 Livres kostete, bewerkstelliget hat. Ich sehe mich genöthigt, hiebey zu bemerken, dafs man die Grundpfähle sechs Fufs unter Wasser mit einer einfachen Rahmsäge (II. Band S. 484.), die ich so häufig gebraucht habe, hätte absägen und den Rost versenken können, ohne diese kostbare Säge zu gebrauchen. Der Bau der Fangdämme eines jeden Pfeilers wurde nur zu 6658 Livres angeschlagen, und der Gebrauch der Kästen, ohne seinen Boden zu rechnen, zu 2145 Livres. Wenn man vier Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande Fundiren

wollte, so konnte diese Summe bey meiner Methode erspart werden. Man fand indessen für gut, die andern Pfeiler tiefer zu gründen; ja, man hat den siebenten Pfeiler 15′ 2″ tief fundirt, daher hat denn die Fundation jedes Pfeilers und sein Mauerwerk bis zum Gewölbe (im Durchschnitt) 50,000 Livres gekostet. Man gab endlich diese tiefe Fundation, dem Beschlusse der Generaldirection des Wasser-, Brücken- und strafsenbaues gemäfs, auf, weil die Brücke von Moulins 9 Schuh, die von Orléans 6 Schuh, die von Tours nur 5 Schuh fundirt war; aber Cessart p. 32. mifst den Einsturz der letzten Brücke dieser geringen Fundirungstiefe zu, wiewohl dieselbe nur von der Unterwaschung der Grundpfähle entstanden war: denn auch die tiefste Fundation kann nichts nützen, wenn die Grundpfähle nicht tief genug eingerammt und nicht gegen alle Unterspühlung gesichert sind.

Die Gründung des 8ten, 9ten und 10ten Pfeilers der Brücke von *saumur* wurde also 1735 zu 10 Fufs Tiefe bewerkstelligt. Hiebey war nun allerdings die Anwendung der Kästen nothwendig. Die Grundpfähle erhielten eine Dicke von 9 bis 12 Zoll, und wurden mit einem 25 bis 30 Pfund schweren Pfahlschuh beschlagen. Sie sind mit 1200 Pfund schweren Rammklötzen (bis zum Stehen) eingetrieben, nachdem der lockere Grund in dem für jeden Pfeiler bestimmten Raum ausgehoben war. Die einzelnen Pfähle erhielten 300 bis 3575 Rammschläge. Ihre Zwischenräume füllte man bey jedem Pfeiler mit 28 Cubicklafter Bruchsteinen und Mörtel, welche Masse zu 574,320 Pfund angeschlagen wurde. Späterhin wurde jeder Pfeiler mit Steinwurf, von 90 Cubicklafter festen Bruchsteinen, umgeben, welches eine Masse von 3,000,000 Pfund ausmacht. Die Lehrgerüste wurden nach der Methode von Perronet gemacht, das ist, sie waren freystehend, ähnlich den auf Tab. 125. dargestellten. Bey dem eilften Pfeiler zeigte sich, dafs der Kasten mit seinem Mauerwerk ungleich sank, und dafs er sich in der Mitte aufgesetzt, folglich gebogen hatte.

Cessart macht noch bey der Beschreibung der Fundation die wichtige Bemerkung, dafs, nachdem die Pfeiler 10 bis 18 Schuh hoch aufgefürht waren, und einer 10,000 bis 12,000 Centner wog, die Grundpfähle in der Sohle des Rostes 10 bis 12 Linien sich eingedrückt hatten, oder davon zusammengedrückt waren. Bey allen Gewölben wurden die ersten fünf ruhenden Gewölbsteinreihen gelegt, und dann die folgenden fünf; die Gewölbsteine erhielten eine Breite von 3 bis 4 Schuh, und eine Höhe von 5 Schuh. Die Lagerhölzer des Lehrgerüstes kamen dergestalt nebeneinander zu liegen, dafs die drey Linien starken Fugen des Gewölbes frey blieben; nachdem die ersten zehn Reihen Gewölbsteine gelegt waren, hörte man mit dem Mauerwerk über den Pfeilern auf. Nur der Schlufsstein und die sechs daran stofsenden Gewölbsteinreihen wurden ohne Mörtel aufgesetzt, und in ihre Fugen wurden zwölf Zoll lange eichene Keile mit hölzernen Schlägeln eingetrieben, dann erst wurden die Fugen mit Cementmörtel ausgegossen. Die Gewölbe setzten sich nur 3 bis 4 Zoll und man hob nach und nach die Lagerklötze weg.

Die Vorköpfe der Pfeiler wurden mit den Gewölben zugleich aufgeführt. Als diese geschlossen und ausgerüstet waren, führte man die Ufermauern auf. Unter die Trottoirs der Brücke wurden die Wasserrinnen angebracht, welches man nach der Zeit auch bey andern Brücken nachgeahmt hat; wodurch die Fahrstrafse breiter werden konnte, als sie ist, wenn man zwey Rinnen vor den Trottoirs anlegt.

§. 310. Den gröfsten gewölbten Brückenbogen in Europa bildet die Brücke von *Vielle-Brioude*, (Tab. 132.) die auf Kosten der Besitzerin dieses Orts im Jahr 1454 über den Allier-Flufs, von *Grenier* und *Estone* erbauet worden ist. Seine Weite beträgt 167′ 5″ 7‴ und dessen Bogenhöhe 64′ 7″ 9‴. Es ist also ein Kreisstück. Er besteht aus zwey Reihen Gewölbsteinen übereinander, die beynahe aneinander stofsen. Die eine Lage besteht aus einem vulkanischen Produckt, die andere aus hartem Sandstein. Sie sind 7″ 5‴ bis 9″ 3‴ dick, und die gröfsten haben eine Länge von zwey Fufs, so dafs der Schlufsstein nur 4 Fufs hoch ist. Der Bogen, welcher noch jetzt die Bewunderung jeden Kenners auf sich zieht und fest steht, hat einige Sprünge erhalten; dieser Umstand, die geringe Breite, und die hohe Steigung der Auffahrt, welche in Felsen eingeschnitten und sehr unbequem ist, waren Veranlassung zum Bau einer neuen Brücke, auf einer Entfernung einer kleinen Stunde von der alten, bey dem Orte *Bajace*. Sie bestand aus drey zu $\frac{1}{3}$ gedruckten Korbbögen von 66 bis 72 Schuh Oeffnung, und ihre Widerlager waren 17 Fufs, die Pfeiler 13 Fufs dick, so dafs sich diese zur Bogenweite 1 : 5, 5 und jene wie 1 : 4, 2 verhalten; des gröfsten Bogens Schlufsstein war 4′ 6″ hoch; diese Höhe verhielt sich also zur Weite des Bogens wie 1 : 16. Mit Ausnahme der Gewölbsteine zu den Kopfbögen wählte man weiche Steine, welches ohne Zweifel Tufsteine waren, weil sie lange der Luft ausgesetzt bleiben mufsten, um einige Härte zu erhalten. Aber der grofse Bogen stürzte gleich nach der Ausrüstung ein, die Steine zerbrachen, nur die Reihen unter der funfzehnten blieben liegen; dennoch wurde auch der zweyte kleine Bogen geschlossen, im folgenden Jahre der grofse wieder aufgeführt. Wenn der Umstand erwogen wird, dafs ein Pfeiler, der sich zur Oeffnung wie 1 : 5, 5 verhält, nach der Erfahrung nicht allemal zum Widerlager dienen kann, es sey denn, dafs das Mauerwerk mehrere Jahre gestanden habe, so möchte man auch den Sturz des Bogens der Ueberwucht des Seitendrucks über die Stabilität des Pfeilers zuschreiben dürfen, wenn nicht in den Nachrichten vorkäme, dafs 15 Gewölbsteinreihen unversehrt geblieben sind; also mufs man den Sturz nur in der schlechten Beschaffenheit der Steine suchen; folglich für die Auswahl fester Steine immer besorgt seyn.

Nachdem die drey Bögen mit besserm Materiale ausgeführt waren, legte man unterhalb und längs der Brücke, ein Sturzbett, aus zwey mit Bruchsteinen gefüllten Pfahlreihen, an. Ein Hochgewässer machte auch diese Maafsregel unwirksam, und die Brücke wurde fortgerissen, während der 1454 erbaute Bogen immer noch zur Brücke dient. Wenn man denselben ausbesserte, die Auffahrten bequemer machte

und nur Ufermauern anlegte, so wird er allen Absichten entsprechen, und ich glaube, daſs diese Arbeiten wirklich unternommen und beendigt sind.

§. 311. Die Brücke von *Ville-neuve d'Agen* (Tab. 132.) besteht aus einem groſsen Bogen von 106 Fuſs, zwey kleinen von 27 und einem noch kleinern von 6 Fuſs Oeffnung. Der groſse Bogen hat bedeutend gelitten, und man ist genöthigt gewesen, ihn mit eisernen Bändern, welche von einem Stirnbogen zum andern so wie durch einige Gewölbsteine gehen, und mit zwey Ringen, die man über die Stirnbögen gelegt hat, zusammenzuhalten. In dieser Hinsicht ist sie als Beyspiel, wie man einen gesenkten Bogen erhalten kann, merkwürdig.

§. 312. Die Brücke *des Têtes* (Tab. 132.) wurde 1732 durch den Ingenieur *Henriana* erbauet. Sie bildet ein sich dem vollen Kreise näherndes Kreisstück von 115 Fuſs Weite, aber ihre Breite beträgt nur funfzehn Fuſs.

§. 313. Die Brücke von *Martorel* über die *Noya* in *Catalonien* (Tab. 132.) soll (533 nach der Erbauung Roms) von *Hannibal* zu Ehren seines Vaters angelegt worden seyn. Da sie aber aus einem gothischen Bogen besteht, so glaubt man, daſs sie von den Arabern erbauet worden, denen die Einführung der gothischen Baukunst zugeschrieben wird. Sie ist bloſs für Saumthiere brauchbar. Im Jahr 1768 hat sie der König Carl III. ausbessern lassen. Bey ihr steht ein einfacher Triumphbogen; auf der 132 Kupfertafel ist sie so gezeichnet, wie sie vor dieser Wiederherstellung bestand.

§. 314. Die Brücke von *Nemours* über den *Loing* Tab. 129. und 131.) ist nach dem Entwurf von *Perronet* vom Ingenieur *Boitard* 1805 beendigt worden. Sie besteht aus drey 50 Fuſs weiten Kreisstücken, welche nur 3 Fuſs Höhe haben. Die 18 Fuſs hohen Pfeiler sind 6 Fuſs dick, und bis zu den Anfängen der Bögen ist die Höhe vom niedrigsten Wasser 13′ 2″ 6‴; sie sind 4′ 9″ darunter gegründet. Diese Pfeiler bestehen aus vier auf 10 Fuſs Abstand gestellten Säulen, wie bey der Brücke von Maixance und Pesme. Sie gehört daher zu den kühnsten Brücken Frankreichs. Die 13 Fuſs dicken Widerlager, welche drey Strebepfeiler (*piliers buttants*) haben, deren Zwischenräume, wie bey der Eintrachtsbrücke, abgerundet sind, verdienen nachgeahmt zu werden. Nach Perronet's Entwurf sollte sie drey Bögen von 47 Fuſs Oeffnung erhalten, (*Lesage mémoires pag.* 28.) Der Halbmesser dieser Kreisstücke wird eine Länge von 93 Fuſs messen und die Anfänge der Bögen 12 Zoll über dem niedrigten Wasserstande liegen. Die Gewölbsteine sollten 3 Fuſs Höhe, die Brücke eine Breite von 30 Fuſs erhalten haben.

§. 315. Die Brücke von *Port des piles* (Tab. 130.) führt über die *Creuse*. Sie ist 1747 vom Ingenieur *Bayeux*, aus drey zu einem Drittheil gedruckten Korbbögen erbauet worden, deren Weite 92′ 4″ bis 97′ beträgt. Die Gewölbsteine wurden ohne Lagerklötze auf ein geschlagenes Mörtelbett gelegt. In die sechs Reihen Ge-

wölbsteine, vom Schlufsstein an, wurden starke Keile eingetrieben. Der mittlere Bogen setzte sich nur 1″ 6‴ und die andern zwey Bögen noch weniger.

§. 316. Die Brücke von *Moulins* über den *Allier-Flufs* (Tab. 127.) wurde vom Ingenieur *Regemortes* 1764 vollendet. Sie besteht aus 13 aus drey Mittelpunkten beschriebenen Bögen, von 60 Fufs Oeffnung, welche zu ein Drittheil gedruckt und im Schlufs drey Fufs stark sind, deren Anfänge 3 Fufs über den niedrigsten Wasserstand der Allier angehen, die 42 Fufs Breite haben und von 12 Fufs dicken Pfeilern unterstützt sind.

Da das Flufsbett aus Sand besteht, so war die Gründung dieser Brücke mit Schwierigkeiten verbunden; deswegen hatte man hier binnen 35 Jahren drey Brücken, (wovon zwey aus Steinen erbaut gewesen) einstürzen sehen; die letzte wâr von *Mansard* 1710 vollendet worden. Wiewohl der grobe Sand des Flufsbettes eine solche feste Masse bildet, dafs die Grundpfähle nicht über 15 Fufs eindringen, so ist doch dieses Bett durch Hochgewässer 18 Fufs tief ausgespült worden. *Regemortes* hat deswegen unter der ganzen Brücke ein Sturzbett (Fig. 2.) errichtet, welches 3 Fufs unter dem niedrigsten Wasserstande versenkt ist. Im Jahr 1790 stieg der Strom bis 3 Fufs vom Schlufsstein, und wenn der Chausséedamm nicht durchgebrochen wäre, so würde das Wasser noch höher gestiegen seyn; vielleicht hätte man das Sturzbett zwey Schuh tiefer versenken sollen!

In der Mitte des 18ten Jahrhunderts war der Ingenieur *Gabriel* Willens, eine hölzerne Brücke zu erbauen, aber der Generaldirector *Trudaîne* bestimmte sich für eine steinerne. Bey dem beweglichen Grunde und dem Umstande, dafs man Steinwürfe rund um die Pfeiler vermeiden wollte, entschlofs sich *Regemortes* zu einem durch das ganze Flufsbett gehenden 105 Schuh breiten Sturzbette, *a b c d e f* (Fig. 2. Tab. 127.) Aus dem Raum, wo es zu liegen kommen sollte, wurde, 10 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande, aller Sand, mittelst der im II. Bande S. 487. beschriebenen Baggermaschine von Delons, welche vor den andern bekannten Maschinen der Art den Vorzug verdient, herausgefördert, und die Gerüste, auf denen diese Maschine gestellt wurde, dienten späterhin zur Stellung der Rammmaschine. Fünf Reihen 9 Zoll starke Dammplanken*) wurden eingetrieben, der ganze Raum geebnet und 12 Zoll mit Thon ausgeworfen. Ueber diese Thonlage wurden Deckplanken (s. Fig. 3., welche den vor einem Pfeiler genommenen Queerschnitt zeigt) gelegt; über diese aber Bruchsteine *g*, welche man lagerweise mit Mörtel, lebendigem Kalch und Sand bedeckte; dann wurden zugehauene Steine *h* (Fig. 2. und 3.) im Cement-Mörtel aufgesetzt. Das Sturzbett erhielt so eine Dicke von 6 Schuh. Die erste Reihe Dammplanken (Fig. 2.) flufsaufwärts, so wie die zwey letztern Reihen, (4 und 5) lehnen sich an eine Drehschwelle *i*, welche von Grundpfählen *f* (Fig. 1.) getragen

*) Wie diese Dammplanken eingerammt wurden, ist im II. Bande S. 559. beschrieben.

wird; flufsabwärts des Sturzbettes kam noch ein Steinwurf, von 9 Schuh Breite, längs der untern Plankenwand, zu liegen.

Die Ausführung dieses Sturzbettes anbetreffend: so wurde, nachdem der eingeworfene Thon mittelst der im II. Bande S. 490. beschriebenen Maschine geebnet war, der Plankenboden an einen grofsen Rahmen stückweise aufgenagelt, und dieser Rahmen ward mit Hebel vom Gerüste herabgetaucht, dann aber auf die Grundpfähle mit langen Nägeln befestigt. Der ganze Bezirk war in 4 bis 6 Schuh breite Fangdämme, deren Grundschwellen auf die aus Dielen bestehende Belegung festgenagelt wurden, und welche bis zur innern zweyten Dammplankenwand queerüberliefen, eingetheilt. Zwey Fangedämme liefen etwa 8 Schuh vor den Pfeilern vorüber. Es wurden nun Paternosterwerke zur Ausschöpfung des Wassers angewandt.

Die Brücke von *Moulins* ist in zwey Abtheilungen erbauet worden, nachdem man 1759 die erste vollendet hatte, wurde ein grofses Winkelwehr und ein 400 Klafter langer Damm angelegt, um das Wasser durch die fertigen Bögen durchzulassen und von dem noch in Arbeit seyenden abzuleiten. Zuvor hatte man aber ein anderes oberhalb diesem Bezirk liegendes Wehr geöffnet und dasselbe queer durch die Brückenlinie fortgesetzt, um das Wasser in diese Abtheilung aufzunehmen, damit in der ersten die Hälfte der Brücke erbauet werden konnte. Auf das Sturzbett wurden die Pfeiler gesetzt; also trägt dessen Dicke von 9 Schuh die ganze Last der Gewölbe und der Pfeiler. Bey einem ähnlichen Fall und Sturzbette würde ich anrathen, die Pfeiler auf einem Grunde, worin die Pfähle auf dreyfsig Zoll Abstand: bis zum Stehen, eingerammt sind, aufzuführrn: denn die grofse Schwere der Gewölbe mufs nothwendig mit der Zeit eine Senkung unter den Pfeilern und eine Aufhebung des Sturzbettes zwischen denselben verursachen, wenn irgend der Grund nachzugeben fähig ist, da die Last, welche auf den Planken des Sturzbettes aufliegt, von dem Druck, den die Bögen und Pfeiler ausüben, unendlich übertroffen wird. Wer sich nun mit dem Detail der Ausführung dieser Brücke bekannt machen will, der findet es in einem eigenen von Regemortes im Jahr 1771 herausgegebenen Werke: „*Déscription du nouveau Pont de pierre construit sur la rivière d'Allier à Moulins.*"

§. 317. Die Brücke von *la Ferté sous Jouarre*, (Tab. 132.) welche nach den Zeitungen im Februar d. J. gesprengt worden ist, besteht aus einem 72 Schuh weiten Halboval, dessen Höhe 22 Schuh beträgt. Die Widerlager sind 14′ 6″ Zoll stark, verhalten sich also zur Oeffnung des Bogens wie 1 : 5. Die Höhe des Schlufssteins mifst 5 Schuh, und dessen Breite, so wie der übrigen Gewölbsteine beträgt 14 Zoll. Damit die Marne eine zur Schiffahrt hinreichende Tiefe behält, so sind zwey aus Spundwänden und Dammpfählen bestehende mit Thon gefüllte Dämme (Fig. 2. Tab. 132.) angelegt worden, welche zwischen sich eine Oeffnung von 21′ 4″ lassen, und deren Oberfläche 6 Fufs über dem niedrigsten Wasserstande liegt. Diese Brücke ist von *Pitrou* erbauet. Im Jahr 1744 erhielt dieser durch seine Abhandlung über das Was-

serwägen bekannte Ingenieur den Auftrag, dem Einsturz der ehemaligen Brücke (Fig. 3. Tab. 132.) zuvorzukommen. Ihr Widerlager war nämlich vom Strom unterwaschen und die Pfähle so geschwächt und gewichen, wie es diese 3te Figur zeigt. Er unterstützte nun das Widerlager mit den in die Mauer eingelassenenen Klözen *E. E.*, welche man auf Schwellen *P. P.* legte. An diese erstern Klötze wurden noch andere *C.* gelegt und beyde bedeckte man mit der Schwelle *M.* Die Klötze *L.* und diese Schwelle wurden vermittelst der Schlüssel *F.*, die Klötze *C.* aber mit dem durch die Schwelle *M.* gehenden Zapfen verbunden. Darüber kamen die eisernen Bänder *N. N.* zu stehen, darunter aber die Streben *F.* Gegen die Schultermauer des Widerlagers wurde die Stützsäule *A.* gesetzt, die man mit der Strebe *D.* lothrecht hielt, welche letztere auf den eingerammten Pfählen *L. L. L.* ruhte. Das Ausweichen der Strebe wurde von dem Keil *B.* verhindert. Diese verschiedenen Zimmerstücke mit ihren Einschnitten stehen unter Fig. 4 und sind mit gleichen Buchstaben bezeichnet.

§. 318. Die *Eintrachtsbrücke* zu *Paris* (Pont de la Concorde Tab. 124.*) ist von *Perronet* entworfen und unter dessen Direction von 1787 bis 1791 von *Demoustier* ausgeführt; wenn ich nicht irre, so war auch *Prony* bey diesem Bau als Ingenieur angestellt. Ihre Kreisstücke bilden 5 Bögen und gehören mit zu den flächsten und kühnsten in Europa, denn ihre Höhe verhält sich zur Weite wie 1 : 9 und wie 1 : 12. Der mittlere Bogen hat nach Perronets Angabe 88 Schuh, die folgenden 80 uud die zwey Endbögen (jeder) 72 Schuh Oeffnung. Ihre Breite beträgt 48 Schuh und die Dicke der Pfeiler ist 9 Schuh, so dafs sich diese zur Oeffnung des mittlern Bogens wie 1 : 9, 8 verhält. Die Bögen sind mit einem Halbmesser von 117 bis 126 Fufs **) Länge beschrieben. Ihre Pfeiler bilden zwey für sich abgetheilte 11′ 3″ lange Prismen, die mit 9 Fufs langen Halbcylindern in der Form von Säulen enden; sie sind daher sehr kühn und machen eine Abwechslung in der Construction. Dieselben sowohl als die 60 Fufs langen Widerlager sind in Fangdämmen auf einem Pfahl- und Schwellrost, 6 Fufs unter dem niedrigsten Wasserstande, fundirt. Wie die auf T. 124. dargestellten Horizontalschnitte zeigen, so haben die Widerlager landwärts Strebepfeiler, welche gegen dieselben als Bögen anstemmen; eine nachahmungswerthe Maafsregel!

Bey den Gewölben dieser Brücke rechnete Perronet das Setzen zu 12 bis 18 Zoll und richtete hiernach das aus Eichenholz gemachte Lehrgerüst ein. Die Fugen der erten fünf Reihen der Gewölbsteine wurden gegen die äufsere Gewölbfläche zu 3 und gegen die innere zu 6 bis 10 Linien festgesetzt, damit sie nach der Setzung des Gewölbes sich parallel nähern konnten. Der Bauanschlag dieser Brücke belief sich auf 2,200,000, die Ausgaben betrugen aber 3,017,931 Livres. Der kann sich von

*) Lesage, dans le recueil de divers mémoires pag. 27, giebt die Weite des mittlern Bogens zu 96 Fufs, die folgenden zwey zu 87 Fufs und die Widerlagbogen zu 78 Fufs an.

**) Lesage giebt sie zu 119 und 129 Fufs an.

der Genauigkeit der Ausführung des Mauerwerks der Widerlager einen Begriff machen, welcher es weiſs, daſs die Lagerfugen nur 4 und die Verticalfugen 2 Linien weit sind. Zum Ausschöpfen des Wassers zwischen den Fangdämmen wurde ein ähnliches wie bey der Brücke von Neuilli (Tab. 87.) gebrauchtes Schauffel- und Kastenrad und Paternosterwerk angewendet. Die Grundpfähle erhielten 25 Pfund schwere, eiserne Pfahlschuhe, kamen auf 2 Fuſs Abstand zu stehen, und wurden mit 12 bis 14 Centner schwerem Rammklötzen bis zum stehen eingetrieben; 3392 an der Zahl stehen allein unter den Widerlagern und Seitenmauern.

Die Trottoirs dieser Brücke sind 15 Zoll höher, als das fast horizontale Pflaster. Unter der Brücke gehen längs den Widerlagern bequeme Ziehwege durch.

§. 319. Die Brücke von *Jena* zu *Paris* (Tab. 130.) ist vom Ingenieur *Lamandé* von 1809 bis 1813 erbauet worden. Zur Fundation der Pfeiler und Widerlager wurden Pfähle eingerammt und wenn ich nicht irre, 5 Fuſs unter dem niedrigsten Wasserstande mit einer einfachen in einen Rahmen gespannten Säge abgeschnitten, dann wurden die Zwischenräume der Pfähle mit Steine und Mörtel gefüllt; auf die die Fundation des Pfeilers umgebenden Pfähle ein wasserdichter Kasten gestellt, und darin das Mauerwerk des Pfeilers, bis über das Wasser, aufgeführt. Die fünf Bögen dieser Brücke bestehen aus Kreisstücken, deren Sehne 86, 2 Fuſs und deren Höhe 10′ 2″ miſst, so daſs sich diese zu jener wie 1 : 8, 46 verhält. Die Pfeiler sind 9′ 2″ 9‴ dick, so daſs ihre Dicke zur Bogenöffnung wie 1 : 9, 3 im Verhältniſs steht; von aussen sind dieselben aus groſsen Werkstücken, im Innern aber, so wie bey den Pfeilern aller groſsen französischen Brücken, aus anderm Mauerwerk gemacht. Das Lehrgerüst dieser Brücke (Fig. 21. Tab. 130.) ist sehr zweckmäſsig construirt. Am 15. August 1812 waren bereits die Bögen, wozu man 3500 Gewölbsteine brauchte, geschlossen, und nach dem Moniteur wurden sie in 51 Tagen aufgesetzt, welches die Bewunderung jedes Ingenieurs verdient. Diese Brücke soll nahe an drey Millionen Franken gekostet haben. In der 2ten Figur Tab. 130. ist die Ansicht der vier Stützmauern eines Widerlagers, die auf drey Pfahlreihen stehen, gezeichnet. Die dritte Fig. ist der Queerschnitt eines Widerlagers, also über der Linie *o n*, von der vierten Figur genommen, welche den Grundriſs des Widerlagers bildet. Die 5te Figur ist der Queerschnitt von der Hälfte und in der Mitte der Brücke genommen, und Fig. 4. zeigt die Bekränzung dieses schönen Werkes.

§. 320. Die dreyſsig Schuh breite Brücke zu *St. Edme zu Nogent an der Seine* (Tab. 129. und 132.) besteht aus einem 90 Schuh weiten Bogen, dessen Höhe 27 Schuh beträgt. Ihre Gewölblinie ist aus eilf Mittelpunkten beschrieben. In den Stirnbögen sind die Gewölbsteine 5 Schuh, in dem Innern des Gewölbes 4 Schuh hoch; die Widerlager sind 18 Schuh dick. *Perronet* hat dieselbe entworfen, und sie ist unter seiner Direction von 1766 bis 1769 erbauet worden. Die Widerlager wurden in Fangdämmen, aus dem Wasser heraufgeführt, und man schöpfte dasselbe mit Pater-

nosterwerken aus, wiewohl die aus einem Pfahl- und Schwellroste bestehenden Fundationen nur 4′ 2″ unter dem niedrigsten Wasserstande versenkt wurden. Beydes, die Fangdämme und die Ausschöpfung des Wassers hätte man wohl bey der Seine, nach meiner Fundationsmethode, die ich bereits erwähnt habe und die ich in der Folge näher anführen werde, entbehren können. Das Feststehen der Pfähle wurde angenommen, als die Pfähle mit einigen Hitzen von 25 Rammschlägen noch 3 bis 4 Linien in den Grund rückten. Aber man gebrauchte eine Kunstramme, mit einem 2000 Pfund schweren Rammklotz. Als der Bogen am 4ten October 1768 geschlossen wurde, rüstete man ihn sechs Tage später aus, weil die Anschwellungen der Seine zu befürchten waren. Die Ruinen einer alten Brücke setzten der Ausförderung des Wassers aus den Baugruben grofse Schwierigkeiten entgegen. Die Gewölbfugen wurden 3 bis 4 Zoll stark gemacht, und man sah sich genöthigt, den Mörtel herauszubringen; ohne dieses Mittel hätten die untern Stemmkanten sich brechen und die Ecken der Steine springen können. Diese Brücke soll im Februar 1814, militärischer Rücksichten wegen, von einem französischen General gesprengt worden seyn. Sie wird wohl hoffentlich wieder so erbauet werden, wie hier beschrieben ist.

§. 321. Die Brücke von *St. Maixance* oder *Maxence* über die *Oise* (T. 131.*) hat drey nur 6 Schuh hohe Bögen, von 72 Fufs Oeffnung; sie ist 39 Schuh breit. Jeder Pfeiler hat vier Säulen, wovon zwey mit einer 4 Schuh dicken und 6 Schuh langen Mauer zusammengehangen sind; die zwey mittlern stehen auf 9 Schuh Abstand. Wiewohl diese Säulen 9 Schuh dick sind, so kann man doch für den Pfeiler nur 6 Schuh 9 Zoll rechnen, weil die 6 Schuh lange Zwischenmauer 4 Schuh dick ist; es verhält sich also die Stärke der Pfeiler zur Oeffnung der Bögen wie 1 : 10, 67. Die 18 Schuh hohen Pfeiler und Widerlager sind auf einen Pfahl- und Schwellrost gegründet. Diese von *Perronet* entworfene und von 1774 bis 1784 erbaute Brücke hat 1,626,000 Livres gekostet; ihre Bögen bilden Kreisstücke, welche mit einem 111 Fufs grofsen Radius beschrieben sind. Die Schlufssteine haben eine Länge oder Höhe von 4 Schuh 6 Zoll. Da man für das Setzen der Gewölbe 12 Zoll rechnete, so wurden sie, so wie sie über das Lehrgerüst aufgeführt wurden, mit einem Radius von 97 Schuh beschrieben. Jeder Bogen besteht aus 57 Gewölbsteinen, folglich hat man 58 Fugen, wovon jede $5\frac{26}{29}$ Linien breit ist. Die Länge des Bogens beträgt 73′ 9″ $6\frac{1}{2}$ Linie; sie übertrifft daher die Sehne nur um 21 Zoll $6\frac{1}{2}$ Linien. Sollte das Setzen nicht mehr als 12 Zoll betragen, so mufste der Mörtel in einer jeden Fuge nur $1\frac{5}{29}$ Linien comprimirt werden, aber man fand die Bogenhöhe 14 Monate nach der Ausrüstung noch 6 Fufs 5 Zoll, so dafs der Mörtel jeder Fuge nur $1\frac{1}{6}$ Linie zusammengeprefst war.

*) Auf dieser Kupfertafel sind in Fig. 23. drey Horizontalschnitte dieser Brücke, und in Fig. 22. der Schnitt vor dem Widerlager, welches sich seitwärts mit zwey schräg ablaufenden Ufermauern endet, gezeichnet worden.

Der Ingenieur *Danse* hatte die Gründungsarbeiten geleitet, und *Demoustier* die Ausführung der Gewölbe. Auf den Quadratfuſs des Schluſssteins kamen 31817 Pfund Druck.

§. 323. Von der Brücke von *Château-Thierry* über die *Marne* (s. Tab. 127, worauf Fig. 17. der Grundriſs ist), wurde zuerst von *Perronet* der eine Bogen, von 48 Schuh Weite, zu ein Drittheil gedruckt, 1765 aufgeführt; er kostete 150,000 Livres; er kam auf die Pfeiler der alten Brücke und an der Stelle von vier Bögen zu stehen. Die zwey übrigen Bögen wurden 1770 für 397,000 Livres angefangen, der eine (mittlere) von 54 Schuh, und der andere von 48 Schuh Oeffnung. Die Pfeiler sind 13′ 5″ dick, und endigen mit Vorköpfen, die mit Kreisstücken (von 13 Schuh 6 Zoll Halbmesser) verzeichnet sind. Jedes Widerlager ist 14 Schuh dick. Die Pfeiler nnd Widerlager ruhen auf Pfahl- und Schwellrosten, worin die Pfähle 3 Schuh von Mittel zu Mittel entfernt sind, und der Rost liegt 12 Schuh 9 Zoll unterhalb den Anfängen der Bögen. Im mittlern Bogen haben die Schluſssteine 3 Schuh 9 Zoll und in den Seitenbögen 3 Schuh 6 Zoll Höhe. Unter dem einen Bogen dieser Brücke liegt ein zum Aufstauen des niedrigen Stromes dienendes Wehr *a b*, um oberhalb der Brücke, für die Schiffahrt, eine hinreichende Wassertiefe zu erhalten.

§. 324. Die Brücke von *Brunoi* über den Fluſs *Yères oder Hyères* (Tab. 124.*) wurde zwischen 1784 und 1787 nach *Perronets* Entwurf erbaut. Jeder der drey Bögen hat 18 Schuh Oeffnung; die Pfeiler sind drey Schuh sechs Zoll stark, und die Widerlager 10 Schuh. Sie wurde auf einen drey Schuh dicken gemauerten Rost gegründet. Die Böden setzten sich nur um eine Linie, wiewohl *Perronet* auf vier Linien gerechnet hatte. Die Breite dieser Brücke beträgt 28 Schuh 6 Zoll. Ihre Bögen bestehen aus Kreisstücken, welche mit einem Halbmesser von 18 Schuh beschrieben sind; die Schluſssteine sind 2 Schuh hoch; die Pfeiler enden mit runden Halbsäulen. Diese Brücke kostete 64,800 Livres und wurde vom Ingenieur *Fourcherot* ausgeführt.

§. 325. Auch die Brücke von *Rosoi* (Tab. 124.) auf der Route von Paris nach Sezanne hat 1786 bis 1787 *Perronet* erbauet. Sie hat zwey Bögen jeder zu 24 Schuh Oeffnung, mit drey Schuh Bogenhöhe. Die Widerlager sind 12 Schuh und der Pfeiler 6 Schuh dick. Die Schluſssteine haben eine Höhe von 2 Schuh 6 Zoll. Das Setzen der Bögen betrug 10 Linien und die Brücke ist 33 Schuh breit. Sie besteht aus Sandstein und hat 39,379 Livres gekostet. Die Horizontalschnitte dieser Brücke sind in Fig. 12. Tab. 124 gezeichnet.

§. 326. Die Brücke *des Fontaines* (Tab. 124.) über den Fluſs *des Nonettes à Chantilly* ist 1770, nach *Perronet*, erbaut worden. Sie besteht aus drey zu ein Viertheil gedruckten Bögen. Der mittlere hat 16, die beyden übrigen 15 Fuſs Weite. Die Pfeiler und Widerlager sind 5 Fuſs dick; die Breite der Brücke beträgt 24 Schuh

*) Fig. 11. Tab. 124. ist der Grundriſs von der Hälfte des einen Pfeilers und Widerlagers, Fig. 10. ist der vor dem Widerlager genommene Queerschnitt.

und sie bildet mit dem Flusse eine schiefe Richtung, s. Fig. 9. Tab. 124. Die Kosten beliefen sich auf 14,586 Livres. Ihr Geländer besteht aus Eisen.

§. 327. Der Brücke von *Meidenhead* über die Themse (Tab. 132.) zwischen *Oxford* und *Lichfield* Bögen bestehen aus Halbovalen, deren längste Axe vertical steht, und ihr gröſster Bogen ist 38 Schuh weit und 24 Schuh hoch. Die Pfeiler verhalten sich zur Oeffnung wie 1 : 4. Diese 30 Schuh breite Brücke wurde auf Kosten der Gemeinde Maidenhead für 200,000 fl. (aus Sandsteinen) erbauet, ohne das Brückengeld zu erhöhen. Aus Versehen ist diese so wie die folgenden beyden Brücken nach einem zu groſs gewählten Maaſsstabe gestochen worden, welches ich erst wahrnehmen konnte, als mir die Platte, die nicht in München gestochen ist, zugeschickt wurde. Dies ist auch der Fall mit der auf dieser Kupferplatte dargestellten Brücke von *Lankaster*, von welcher ich keine nähern Data anzugeben vermag.

§. 328. Ueber den *Scharwelfluſs* liegt bey *Oxford* die auf Kosten dieser Gemeinde, aus Werkstücken erbaute Brücke. (Tab. 132.) Zwey 30 Schuh weite volle Kreisbögen sind über jeden Arm der Schwarwel errichtet. Der mittlere vierzig Schuh weite und fünf und zwanzig Schuh hohe Bogen bildet ein aufrecht stehendes Halboval.

§. 329. Bey *Schrewsbury* in England ist über die *Severn* eine aus sieben vollen Kreisbögen bestehende Brücke (Tab. 132.) aus Werkstücken erbauet worden, deren weitester Bogen 55 Schuh und deren kleinster 31 Schuh miſst. Ihre Breite beträgt 27 Schuh; die Pfeiler sind 6′ 5″ dick und 36 Schuh lang, haben aber 5 Schuh breite Umgebungen, die eben so tief unter dem niedrigsten Wasserstande gegründet sind Sie hat eine starke Neigung, ihre Fahrstraſse ist mit den meisten steinernen Brücken in England gleich weit.

§. 330. Die über die *Elbe* bey *Dresden* führende Brücke (Tab. 132.) erhielt unter dem Könige *August* ein 3 Schuh hohes eisernes Geländer, und der Baumeister *Pöpelmann* trug (von 1729 bis 1732) sowohl damit als mit Errichtung des 40 Schuh hohen Kreuzes viel zur Verschönerung der Brücke bey. Ursprünglich bestand sie aus 23 Bögen, wovon der gröſste 68 Schuh und der kleinste 40 Schuh weit war; gegenwärtig hat sie noch 18 Bögen; (fünfe sind 1716) gegen die Stadtseite verschüttet worden, von diesen sind gegen die Neustadt zu noch fünf, öfters sechs, vom Wasser verlassen, so daſs für den Strom eigentlich nur 12 Bögen übrig sind. Die Bekränzung der Brücke ruht auf Kragsteinen, welche auch von *Pöpelmann* angebracht sind, und wodurch die Brücke erweitert wurde. Auch lieſs derselbe die Pfeiler bis zur Oberfläche der Brücke erhöhen; denn ursprünglich war jeder Pfeiler mit einer Decke versehen und reichte nur etwas über die Anfänge der Bögen.

Der Bau dieser Brücke soll 1179 angefangen worden seyn; im Jahr 1342 zerstörte sie ein Hochgewässer. Es ist daher wahrscheinlich, daſs der als Erbauer in Schramms Schauplatz der Brücken vorkommende *Fotius* die Brücke in der Mitte des 14. Jahrhunderts von Pirnaischen Sandsteinen aufführte. Indessen kömmt in Marper-

gers Historie und Leben der berümtesten Baumeister p. 308. vor, daſs Fotius 1170 diese Brücke erbauet habe; aber seine Quelle, woraus er dies genommen, hat der Verfasser nicht angezeigt. Da die Pfeiler zu dick und die Oeffnungen der Bögen zu klein sind, so ist es nicht zu verwundern, daſs ein am 16. Februar 1571 eingetretenes Hochgewässer sechs Pfeiler unterspühlte und fortriſs, ja daſs zwey Jahre später die Elbe bis über die Brücke stieg.

Im Kriege wird leider nichts verschont und der französische General Regnier sprengte im September 1813 (unnöthiger Weise) zwey Bögen, die ohne Zweifel bald wieder hergestellt seyn werden; aber ihre Ruinen müssen für die Schifffahrt nachtheilig seyn, so wie den Strom für die obere Gegend schädlich anschwellen. Man hätte diese Uebel jetzt vermeiden und statt der zwey gesprengten Bögen nur einen Bogen aufführen können, wenn es die Symetrie erlaubt hätte; alsdann würden die in der Elbe liegenden Steinmassen weniger geschadet haben, welche man, in allen Fällen, so viel als thunlich, herausnehmen muſs.

§. 331. Die Brücke zu *Prag* über die *Moldau* (Tab. 132.) wurde 1358 angefangen und der *Kaiser Karl IV.* legte dazu mit groſser Feyerlichkeit den Grundstein. Sie wurde unter Karl VI. vollendet. Ihre Breite miſst 35 Schuh. Sie besteht aus 18 Bögen, von denen einige 72′ weit sind. Acht und zwanzig Statuen wurden auf dieser Brücke (1709 — 1710) aufgestellt, welche in der Zeichnung weggelassen sind. Im Jahre 1503 wurde sie vom Hochgewässer stark beschädigt, so daſs sie mit groſsen Summen wieder hergestellt werden muſste. Sie ist nach der Pont de St. Esprit in Frankreich, die längste steinerne Brücke in Europa.

§. 332. Die Brücke von *Zwettau* in Sachsen (Tab. 132.) ist 1730 über einen alten Arm der Elbe, auf Staats-Kosten, erbauet worden.

§. 333. Von der Brücke von *Würzburg* über den *Mayn* sind auf Tab. 132. nur drey Bögen gezeichnet, wiewohl sie aus zehn Bögen (jeder von 31 Fuſs Oeffnung) besteht. Sie hat mit der Brücke zu *Madrid* viel Aehnlichkeit.

§. 334. Die Brücke zu *Nossen* über die *Mulda* in Sachsen (Tab. 132.) besteht aus drey ein und zwanzig Schuh weiten Bögen.

§. 335. Die Brücke zu *Köhsen*, unweit *Naumburg* über die *Saale*, in Sachsen (Tab. 132.) hat drey halbkreisförmige und fünf gothische Bögen von 24′ bis 30′ Oeffnung. Sie ist zwischen dem 11. und 12ten Jahrhundert erbauet worden.

§. 336. Die Brücke von *Regensburg* (Tab. 132.) wurde im Jahre 1135 angefangen, bestand ursprünglich aus 15 Bögen, wovon der linkseitige in einem 10′ kleinen Bogen verwandelt, und der rechtseitige zur Hälfte zugemauert ist. Von den dreyzehn noch ganz offenen Bögen hat der erste 35′ 6″, der zweyte 54′, der dritte 53′, der vierte 52′, der fünfte 52′, der sechste 48′ 8″, der siebente 51′, der achte 52′ 5″, der neunte 57′, der zehnte 52′ 2″, der eilfte 54′, der zwölfte 45′, und der dreyzehnte 49′ 6″ Weite, zwischen den Anfängen der Bögen gemessen. Nur der 6te, 7te

und 8te Bogen sind Halbkreise, die übrigen bilden Kreisstücke. Die Gewölbsteine sind 3 Schuh hoch und 12 Zoll dick. Die Pfeiler am Anfang der Bögen gemessen haben eine Dicke von 19 bis 24′ 4″, und es ist sonderbar, daſs gerade die gröſsten Bögen die kleinsten Pfeiler haben. Nur die Kopfbögen und das Aeussere bestehen aus Werkstücken, der übrige Theil der Gewölbe aus im Rohen behauenen Bruchsteinen. Das Geländer ist aus Platten von Werkstücken gemacht, die Pfeiler dieser Brücke sind nicht vollendet und gehen zehn Schuh über den Anfang der Bögen hinauf; die Decke der Vorpfeiler besteht aus Bruchsteinlagen, daher allerhand Gewächse sich darauf erzeugen. Das Aeussere der Pfeiler besteht aus 18 bis 24″ hohen Werksteinlagen, und das Innere aus Bruchsteingemäuer. Meines Wissens haben die Pfeiler bey keiner Brücke der Welt solche ungeheure Vorbaue oder Umgebungen, wie bey dieser Brücke, welche auf Tab. 132. dargestellt sind, und wovon einige die Länge von 192 Schuh, zur Breite die Länge der Pfeiler, d. i. 64′ Fuſs haben; also sind die Vorbaue dreymal so lang als die Pfeiler. Aus diesem Plane sehen wir auch: daſs die Brücke nicht nach einer geraden Linie erbauet ist, sondern in der Mitte gegen den Strom eine Ausbauchung hat. Sie ist 24 Schuh breit, und ihr Fahrweg hat, während des Winters, der bedeutenden Steigung wegen, einige Unbequemlichkeiten. Ihre Länge beträgt genau 1000 Schuh. Ursprünglich betrugen die Oeffnungen, zwischen den Pfeilern, im Mittel 45 Schuh, welche mit denen 5 bis 6′ über den niedrigsten Wasserstand liegenden Vorbauten gegenwärtig bis auf 13 bis 18 Schuh verengt sind *). Diese Vorbaue wurden deſswegen immer vergröſsert, weil sie aus den über das Wasser hervorragenden Pfahlreihen bestehen, welche man mit Steinen füllte; ferner um die Donau aufzustauen und dem oberhalb der Brücke liegenden Mühlcanal so viel Wasser als möglich zuzuführen. Diese Aufstauung ist dergestalt bewirkt worden, daſs die Oberfläche des Wassers im rechtseitigen Arm vier Fuſs höher, als in dem mittlern Theil, zwischen den zwey Steindämmen, und 2′ 4″ höher, als im linkseitigen Arm, steht. Die so oft der Luft und Sonne ausgesetzten Pfähle der Vorbauten faulten also nach einiger Zeit; es trat daher die Nothwendigkeit ein, neue Pfahlreihen, vor den alten, einzurammen. So ist die Stromsection der Donau bey Regensburg mit dieser Brücke bis auf 113 Fuſs eingeschränkt worden, wiewohl sie in der geradlinigten und parallelufrigten Fluſsbahn 500 Schuh miſst. Alle direkte Schifffahrt ist mit diesem Werke unterbrochen; die Schiffe müssen um die dortigen Inseln (das Wörht genannt) gehen, und so einen Umweg von 1½ Stunden machen, wenn sie vor Regensburg abgeladen haben und stromaufwärts fahren sollen. Ich habe daher bereits im I. Bande S. 215 auf dieses Uebel aufmerksam gemacht. Der so zwischen den Vor-

*) In dem Plan dieser Brücke (Tab. 132.) zeigen die an den Begränzungslinien der Vorbaue stehenden Zahlen die Höhe des Vorbaues über den niedrigsten Wasserstand. Der Wasser- und Straſsenbau-Inspector *Barraga* zu Neuburg hat 1811 die Karte von der Donau, ober- und unterhalb Regensburg, und die hier gelieferten Zeichnungen dieser Brücke, genau aufgenommen.

bauten der Pfeiler eingeschränkte Strom bildet unterhalb denselben Wirbel oder Widerströme (siehe den Plan dieser Brücke auf Tab. 132.) welche sie selbst unterwaschen und beständige Reparaturen nothwendig machen. Von dem fünften linkseitigen Pfeiler geht auf- und abwärts ein aus Pfählen und Steinen 6′ über den niedrigsten Wasserstand liegender Damm, ab. Ueber diesem 5ten Pfeiler geht eine zweyte hölzerne auf prismatischen Pfeilern ruhende und eine schräge Fläche bildende Brücke *A B* nach dem obern-Wörth. Der vom 10ten Pfeiler abgehende Damm *D C* würde das obere Wörht mit dem untern verbinden, wenn nicht zwischen dessen oberes Ende und dem rechtseitigen Ufer des obern Wöhrts der obenerwähnte Mühl-Canal läge, worin mehrere Wasserräder angebracht sind, wefswegen diese ganze Flufseinschränkung eigentlich geschehen ist, und dieser Damm geht abwärts bis zum untern Wöhrt. Ueber denselben fällt der Strom, wenn dessen Höhe sechs Schuh beträgt; er ist also zur Anlage des Mühl- oder Maschinen-Canals aufgeführt worden. Man sollte die in diesem Canal liegenden Räder nach und nach zu entfernen suchen, wefswegen ich meine Vorschläge gemacht habe, die gegenwärtig, wo für einen von dem Canal in Bewegung gesetztes Königliches Hammerwerk einige Hundert Gulden geboten ist, leicht ausgeführt werden können. Ja es sind auch die übrigen in diesem Canal liegenden Mühlen leicht zu entbehren. Findet dieses Eingang, so kann der Separationsdamm abgeflächt und die Umgebungen der Brückenpfeiler verkleinert werden.

Der Kenner wird demnach einsehen: dafs hier eine Verbesserung mit der Stromscheidung und den Oeffnungen zwischen den Brücken-Pfeilern, um so nothwendiger sey, da die Regensburger Brücke die wesentlichste Ursache von den Ueberschwemmungen der obern Gegend ist, indem sie die Eismassen und Hochgewässer zurückhält. Diese Verbesserung wird also nur in der Erweiterung der Profile zwischen den Vorbauten gesucht werden müssen. Will man auch diesen Vorschlag, diese Mühlen zu entbehren, nicht ausführen, so müssen in den zu erweiternden Profilen, zwischen den Vorbauten, Balken eingelegt werden, wenn der Strom niedrig steht, damit der Mühlcanal hinreichendes Wasser erhält; freylich wird diese Einrichtung eine bedeutende Summe kosten! Aber die Beschaffenheit des Innern Theils der Vorbaue ist nicht zu erkennen, ohne ihn aufzubrechen; vielleicht ist derselbe in Fäulnifs übergegangen! Wird diese Erweiterung unternommen, so beklagen sich die Gewerkbesitzer, wenn sie gleich des Wassers im Ueberflufs haben; ihr Geschrey gewinnt Glauben, die nützlichen Erweiterungen kosten Geld, ein Eisgang und Hochgewässer richtet bey der Brücke Beschädigungen, die sie gegenwärtig immer erfährt, an; und jetzt sind daran die vorgenommenen Veränderungen Schuld! Da ich ohnehin den Neid und die Intriganten genug aufgereitzt habe, die offen und hinter dem Vorhange, gegen die Fortschritte des Wasser-, Brücken- und Strafsenbaues in Baiern arbeiten; so wird es, für meine Ruhe, besser seyn, wenn bey dieser Brücke alle diese die Ueberschwemmungen verursachenden Aufstauungen bleiben. Uebrigens könnte man Ruheplätze auf der Brücke anbringen,

wenn ihre Vorpfeiler bis zur Oberfläche der Brückenwege erhöht würden, und man die Brückenbahn durch an den Seiten anzubringende Tragsteine und eine Bekränzung, erweitern wollte, wie es bey der Dresdner Brücke geschehen ist. Insofern die Donau hier, bey einem Wasserstande von sechs Schuh, in drey Arme strömt, so ist es wahrscheinlich: daſs man jeden der drey Theile dieser Brücke, abgesondert, im Trocknen fundirte; dies ist auch mit Grund vorauszusetzen, denn wie hätte man sonst die Fundation, in der damaligen Zeit, als die Brückenbaukunde sich noch in ihrer Kindheit befand, ausführen wollen?

§. 337. Nach der Beschreibung wirklich ausgeführter Brücken, wird es mir erlaubt seyn dürfen: die von mir zu zwey groſsen steinernen Brücken gemachten Entwürfe aufzunehmen. Der erste Entwurf betrifft die bey Ulm (Tab. 133. F. 1. u. 2.) über die Donau zu erbauende Brücke. Ich habe ihn 1806 gemacht, und nach demselben sollte die Brücke aus einem Bogen von 170′ Oeffnung bestehen, und dieses Kreisstückes Höhe beträgt 24 Schuh. Man hätte dieses Werk aus dem dortigen harten vortrefflichen Kalkstein (Marmor) erbauen können. Die Höhe des Schluſssteines bestimmte ich zu 5′ 9″, dessen Dicke zu 2′ 6″ und die der Gewölbsteine zu 22 Zoll. Ich würde das Gewölbe bis zum Pfahl- und Schwellrost der Widerlager haben hinabgehen und in den Schenkeln doppelte Gewölbsteinlagen haben legen lassen, diese auch mit rohen Werkstücken in den Widerlagern fortgesetzt haben. Die Dicke eines jeden Widerlagers sollte 42′ betragen; zur Verstärkung dieser Widerlager hätte man die Festungsmauern A und B Fig. 1. stehn lassen mögen, und ähnliche alte Mauern C D könnten in dieser Absicht bey der kleinen Brücke stehn bleiben. Die groſse Brücke würde eine zweyte auf Tab. 133. verzeichnete aus einem Bogen von 72′ bestehende Brücke nothwendig machen, um in gerader Richtung, über einen kleinen Nebenarm der Donau, zu kommen. Wer die jetzige aus vier mit hölzernen Sprengwerken bedeckten Pfeiler bestehende Donau-Brücke und ihre enge Oeffnungen betrachtet, auch davon unterrichtet ist, daſs diese elende Brücke die Hochgewässer und Eisgänge der Donau in dem Maaſse aufstaut, daſs sie oberhalb viele Quadratmeilen Landes überschwemmen, und es sieht: daſs 2 Pfeiler 4 bis 5 Fuſs aus ihrem lothrechten Stande gewichen sind, der dürfte eingestehen, daſs mein, zu einer Zeit, als die Festungswerke, ausser den Gewölbsteinen, eine hinreichende Menge der festesten gröſsten Steine hergeben konnten, gemachter Vorschlag, nicht ganz zur Unzeit entworfen wurde; da man damals den Wechsel der Besitzungen nicht ahnden konnte. Andere und ruhige Zeiten werden aber wohl erst eintreten müssen, um diesem Entwurfe Eingang zu verschaffen! An der groſsen Brücke hatte ich 2 Gebäude entworfen, um die Stadt, von dieser Seite zu verschönern, und auf der Insel zwischen beyden Brücken hätte man einen englischen Garten, zum Gebrauch des Publikums, anlegen mögen: denn diese Insel hat eine überaus reizende Lage und von ihr hat man die herrlichste Aussicht auf den Donaufluſs und nach den entfernten Gebirgen.

Beschreibung der bey München über den Isar-Flufs im Bau begriffenen Brücke und des Durchlafswehres. S. Tab. *C.* zum ersten Bande; Tab. 116. und Tab. 133.

§. 338. Im ersten Bande S. 282 u. s. w. habe ich bereits gezeigt: dafs die Aeufsere auf die Karte Tab. *C* mit *H* bezeichnete äufsere Isar-Brücke und das bey *F* liegende Wehr, die wesentlichsten Ursachen der für München und seinen Umgebungen schädlich gewesenen Hochgewässer waren. Beyde Wasserkehrungen, welche gewaltsam den Abflufs des Stromes störten, trieben zwischen den 10ten und 13ten September 1813 den Isar-Flufs zu einer solchen Höhe auf, dafs er seine Ufer überstieg, das oberhalb der Caserne liegende Wehr durchbrach, und die Vorstadt Au überschwemmte *). Jetzt stürzte der Strom auf die rechtseitigen Pfeiler der äufsern Brücke, und nachdem er den unterhalb der Brücke, queer über den Flufs, gelegenen Rost (S. T. 116. Nr. II.) durchbrochen hatte, untergrub er die schlechte Fundation dieser Brückenpfeiler, während der linkseitige Flufsarm von dem Wehr *F* Tab. *C* gleichsam gesperrt war, so dafs also die Wassermasse des auf die Aeufsere-Brücke anfallenden rechtseitigen Armes verstärkt, und ihre Angriffe auf die Brückenpfeiler vermehrt wurden. Da die sieben Ziehschütze dieses Wehres *F* (Tab. *C.*) nicht ganz zur rechten Zeit gezogen werden konnten, weil die Anschwellung der Isar eintrat, als das Scheiterholz auf diesem Flusse getriftet wurde: so führte dieses Wehr wenig Wasser ab, und der Strom stürzte gröfstentheils durch den Wehrbruch, oberhalb der Caserne. Am 13ten September stürzten vier Pfeiler und fünf Bögen dieser Aeufsern-Isarbrücke ein; viele Menschen wurden in die sich gegen die oben erwähnten zweckwidrigen Wasserbau-Anlagen rächenden Fluthen, begraben. Jetzt erhielt die Generaldirection den Auftrag: jenen Durchbruch des Wehres zuzubauen, und eine Nothbrücke, die wir in Fig. 13. Tab. 133. in der Richtung *D E F* sehen, aufzuführen. Ich gab jedem der zehn Joche 10 bis 11 Pfähle, liefs bis zur Vollendung dieser binnen 2½ Wochen aufgeführten Brücke, für die Fufsgänger, zwey Fähren mit Laufrollen, errichten, und das Fuhrwerk über die von mir bey dem Dorfe Bogenhausen (1812) erbauten Bogenbrücke, gehen **).

Die eingestürzte Brücke stand nach der in Fig. 13. Tab. 133. von *A* nach *B* und *C* angegebenen Richtung; ihr Aufrifs ist auf Tab. *C.* in Nr. II. gezeichnet. Die Pfeiler bestanden aus festem Nagelflue- und Kalkstein, im Innern aus Ziegel; sie waren vier Schuh zu hoch fundirt, daher ihr Rost der Luft und Sonne ausgesetzt blieb. Diese

*) Dieses damals auf Tab. *C.* bey *D.* mit zweyte Ueberfälle bezeichnete baufällige Wehr sowohl als die beyden steinernen Brücken, d. i. die Innere- und Aeufsere-Isarbrücke, wurden von der Städtischen-Bauinspection unterhalten, ohne dafs die General-Direction darauf einen Einflufs zu nehmen hatte.

**) Man kann sich von der Frequenz des Fuhrwerks über die Isarbrücke bey München einen Begriff machen, wenn ich bemerke: dafs nach einer genauen Zählung, damals über diese Bogenhauser-Brücke täglich 1097 Wägen, und 2641 Pferde passirten, ohne die Postwägen und Chaisen zu rechnen.

erst in der Mitte des 18ten Jahrhunderts erbaute Brücke war nur 22 Schuh breit, also für den Verkehr viel zu schmal. Ihre Bögen bestanden aus schlecht gemachten Ziegelgewölben, deren Schenkel mit *Erde* und *Kies* gefüllt waren. Der Kenner sieht demnach: daſs dieses aus kleinen Bögen bestandene Werk sehr fehlerhaft construirt war. Als ich zu seiner Umwandlung in einen Bogen (1809) den Vorschlag machte (§. 129.) hielten es Manche für ein Monument, welches noch Jahrtausende stehen könnte, und erhoben es zu einem vorzüglichen Kunstgebäude! Doch ich will solche Meynungen mit Stillschweigen übergehen.

Aus Auftrag *seiner Majestät des Königs* entwarf ich im Oct. 1813 dreyerley Constructionen zu einer neuen Brücke; der erste Entwurf war eine hölzerne Bogenbrücke mit einem massiven Pfeiler und Widerlagern; der zweyte bestand aus einer §. 178. beschriebenen und unten auf Tab. 133. gezeichneten eisernen Brücke; in dem dritten entwarf ich die in Fig. 3. 4. und 10. Tab. 133. dargestellte steinerne Brücke. Da der *König* sowohl, als der einsichtsvolle Staatsminister Graf von *Montgelas*, einem der Hauptstadt entsprechenden Monumente den Vorzug gaben, so wurde die Ausführung dieser letztern Brücke beschlossen. Sie wird, um auf den Strom senkrecht zu stehen, die Richtung *A G* Fig. 13. erhalten; aus drey Flachen-Bögen (Fig. 3.), jeden von sechs und neunzig Schuh Weite und 2 neun Schuh dicken Pfeilern erbaut werden *), ihre Breite soll, zwischen den eisernen Geländern, vierzig Schuh betragen **). Von dieser sind sieben und zwanzig Schuh für den Fahrweg *i i* (Fig. 10.) und dreyzehn für die beyderseitigen Trottoirs *c* bestimmt. Zur Kommunication längs den beyden Ufern kommen in die zwey Widerlager die gewölbten Durchgänge *Q* und *R* (Fig. 3.), von sechs Schuh sechs Zoll Breite und neun Fuſs Höhe.

Da das ehemalige Stromprofil unter der eingestürzten Brücke nur 189 Schuh betrug, so wird das künftige 288 — 189 = 99 Schuh weiter. Ehemals lag unterhalb der Brücke ein Rost oder Sturzbett, welches in Fig. 2. Tab. 116. angedeutet ist, und zwar drey bis vier Schuh oberhalb dem niedrigsten Wasserstande. Dasselbe trieb daher den Strom auf eine schädliche Weise in die Höhe, so daſs er am 16ten August 1807 oberhalb der eingestürzten Brücke *C B A* Fig. 13. Tab. 133., eine Höhe

*) Man hätte jedem Bogen eine Weite von hundert Schuh geben können, wenn die im Aufrisse *W* Fig. 3. in der Fronte Fig. 6., und im Grundrisse bey *K* Fig. 13. gezeichneten Wache ausgeführt werden sollte. Auf derjenigen Stelle, wo sie erbauet werden müſste, steht gegenwärtig bey *K* (Fig. 13.) ein Haus, welches gegen die Brücke zu weit vorspringt, als daſs es (zwischen *D K*) eine Wendung für die nach der Vorstadt Au fahrenden Fuhrwerke gestattete, wenn die drey Bögen anstatt 288 Schuh 300 Schuh weit geworden wären. Bey dieser letztern Weite hätte man nämlich das rechtseitige Widerlager der Brücke *A D* zwölf Schuh weiter als geschieht, in die Straſse hinein rücken müssen, was aber jenes bey *K* stehenden Gebäudes wegen, nicht geschehen kann.

**) Das vor einem Widerlager genommene Profil Fig. 10. zeigt dies deutlich.

von 16 Fufs 9 Zoll erreichte, während er bey der Bogenhauser-Brücke nur 13 Fufs 3 Zoll stieg. S. I. B. Seite 290. Wenn die neue Brücke *A G* vollendet ist, so wird, zur Sicherheit der zwey rechtseitigen Bögen, ein aus zwey Reihen Pfählen, die auf fünf Fufs Abstand eingerammt werden, bestehendes und in Fig. 4. mit seinen Ausfüllungen und der Bedielung gezeichnetes 12′ breites Grundbett *R S*, drey Schuh unter dem niedrigsten Wasser, angelegt werden. Da die mittlere Tiefe der Isar bey diesem Wasserstande hier nicht einmahl drey Fufs beträgt, so wird dasselbe den Abflufs des Stromes nicht im geringsten stören. Der linkseitige Bogen liegt aufser der Richtung des hohen Stromes, kann daher einer solchen Anlage entbehren. Damit die Trottoirs bequem werden, und die Ansicht der Brücke nicht verderben: so werden sie horizontal gelegt; erhalten aber dann am Ende einige Stufen *a. b.* (Fig. 4.), weil der zur Ablassung des Schnee- und Regenwassers dienende Fahrtweg, 12 Linien Fall auf die Klafter erhält. Diese Stufen untersagen den Karrnschiebern den Gebrauch des Trottoirs, unter welchen die bleyernen Wasserleitungsröhren Fig. 10. durchlaufen. Die jetzt schmale Strafse *A C* Fig. 13. soll eine Breite von achtzig Fufs erhalten.

Da die Innere-Isarbrücke *J H* (Fig. 13.) mit der neuen Brücke *G A* nicht in einer geraden Richtung stehen kann, so machte ich zur Verbergung der abweichenden Richtungen des Brückenweges beyder Brücken und noch anderer Rücksichten wegen, den Vorschlag: zwischen den zwey Brücken einen grofsen runden Platz mit Krammläden zu umgeben, wie diefs in der 13ten Figur gezeichnet ist. Sie sollten ihr Licht von Oben (Fig. 8.) empfangen, und vorzüglich solche Waaren, die der Landmann gebraucht, aufnehmen. Vor denselben wollte ich einer aus jonischen von bläulichten Sandstein zu machenden Säulen bestehenden Gang Fig. 4. 7. und 8. anlegen, um eines Theils den Eingang in die Hauptstadt zu verschönern, und andern Theils gegen die Witterung und Sonnenstrahlen geschützt, vor den Boutiken gehen zu können. Den Fufs und das Capital würde ich vielleicht aus Eisen giefsen lassen. Da der Platz eine gegen die übrigen Gebäude hohe Lage bekömmt, und die Decoration dem Charakter eines Gebäudes entsprechen mufs, so wurde die Höhe der Säulen zu 15 Schuh sechs Zoll festgesetzt. *) Von diesem Platze sollte ein 14 Schuh breiter Weg zwischen den Krammläden, nach der Caserne, gehen. **) Bey jeder Brücke sollten die Krammläden mit zwey aus vier jonischen Säulen bestehenden Frontons (Fig. 5.) endigen. Auf dem runden Platze Fig. 13. könnten zwey Brunnen gestellt werden, die man mit

*) Ein sich für einen Baumeister ausgebendes Subjekt hat diese Höhe unzureichend gefunden, indem er Säulen, wie man vor Pallästen anbringt, haben wollte; er bedachte also nicht, dafs diese Säulen zur Decoration von *Krammläden* bestimmt sind, und dafs sie gleichwohl eben so hoch als die Säulen des Bachus-Tempels zu Rom, und nur 8 Schuh niedriger, als die des Tempels von der Fortuna Virilis, ja nur 4 Fufs kleiner, als die am Tempel von Paestum sind, und dafs das Aeufsere dem Gebrauch der Gebäude selbst entsprechen müsse.

**) Eben dieser Tadler war auch mit der Breite dieses Weges, der selten gefahren wird, nicht zufrieden, wiewohl die Stadtthore nur eine Breite von 12 Schuh darbieten.

dem Röhrenwasser füllte, und die aus einer einfachen Schaale bestehen mögen. In der Mitte des Platzes könnte die Stadt München, aus Dankbarkeit, um die Erlaubnifs anhalten, die *Statue Sr. Majestät des Königs*, zu errichten. Wenn in der Staatswirthschaft nichts wichtiger ist, als solche Einrichtungen, wodurch die Zeit des Landmannes wohl angewendet werden kann: so scheint die Anlage dieser Krammläden alle Aufmerksamkeit zu verdienen. In diesen fände der Landmann in einer Viertelstunde alle diejenigen Waaren, zu deren Aufsuchung er, in den vielen Gassen der Stadt, drey bis 4 Stunden verwenden mufs, so dafs zum wenigstens zehntausend Arbeitstage dadurch jährlich ersparet werden. Hiezu kömmt noch, dafs die Concurrenz beym Feilbieten der Waaren, die Wohlfeilheit und Verbesserung derselben bewirkt. Damit aber die Meister und Handelsleute der Stadt sich über die Beeinträchtigung ihres Gewerbes nicht zu beschweren Ursache haben, mögen sie unter sich, bey der Benutzung der Krammläden, alle drey Monathe abwechseln, welches um so leichter geschehen kann, da bey jedem Krammladen unten und oben zwey kleine Zimmer angebracht sind.

Diese neue Brücke, deren wesentliche Theile in der zur 484. Seite gehörigen Uebersicht nach Maafsen angegeben sind, ferner anbetreffend: so war es, nach denen §. 394. anzuführenden Versuchen, nicht rathsam: zu den untern Gewölbsteinen, Fig. 55. Tab. 130. die Tufsteine zu verwenden; sie werden daher alle aus dem granitartigen rothen Sandstein, dessen Tragkraft so aufserordentlich grofs ist, bestehen. Daraus werden auch die beyden Pfeiler aufgeführt, und diese bestehen aus Steinen von 36 bis 144 Cubikschuh, die mit solchem Fleifse zugehauen werden, dafs nur Fugen von zwey Linien entstehen. Bey den Widerlagern Fig. 10. Tab. 133. und bey den Kaymauern *h. l.* wird das Aeufsere aus Nagelflue-, Marmor- und Tufsteinen bestehn; der erstere Stein wird die zwey untern, der graue Marmor die folgenden, und der Tufstein die obern Schichten bilden; das Innere *x* Fig. 4. bestehe aus Ziegelgemäuer. Die Ende-Bögen werden, im Widerlager, bis auf den Rost (bey *w*), mit Nagelflue-Steinen fortgesetzt. Die zwey Durchfahrten *ϱ. R.* in den Widerlagern (Fig. 3.) sollen im Innern aus Ziegel, von Aufsen aus Tufsteinen, die ein bäuerisches Werk bilden, bestehen. Zu der zweyten, und in einigen Gewölb-Stein-Reihen, zur dritten Lage von Gewölbstücken, wird man Tufsteine wählen, weil der Rothe-Sandstein zu theuer ist, indem der Cubikfufs bis zum Gebrauch gegen zwey fl. 30 kr. kostet, wohingegen der Tufstein nur auf einen Gulden zu stehen kommt.

Die gröfsere Schwere des röthlichen Sand-Steines bestimmte mich: den Pfeilern eine Dicke von neun Schuh zu geben, und da zwey Halb-Bögen die obern Steinlagen eines Pfeilers, das darüber und in den Schenkeln aufgeführte Gemäuer, so wie die Trottoirs und das Pflaster eine Last von 70130 Centner betragen, so kömmt auf den Quadratschuh Grundfläche der ersten Steinschichte eines Pfeilers (die von dieser Last gedrückte Fläche zu 39 . 9 = 351 Quadratfufs) beynahe die Last von 200 Ctr.

Diese ist demnach $\frac{1}{30}$ der Tragkraft des Steins §. 393. gleich; also ist die drückende Kraft sehr geringe, und läſst eine ewige Dauer erwarten, weil der Stein aller Witterung und dem Froste widersteht.

Damit die Pfeiler sich nicht senken, so werden unter jedem Pfeiler Fig. 13. 137 Grundpfähle mit 1300 Pfund schweren Rammklötzen eingerammt. Bey dem rechtseitigen Pfeiler erhielt jeder Pfahl, im Mittel 2000 Schläge, und in der letzten Hitze von 60 Schlägen rückten die Pfähle nur noch 2 bis 4 Linien. Die Spitze eines jeden Pfahls ist mit einem 20 Pfund schweren eisernen Pfahlschuh umgeben worden. Diese kiefernen Pfähle stehen 18 bis vier und zwanzig Schuh in den festen Grund; nach Maaſsgabe ihres Einrückens war der Ingenieur berechtigt zu schlieſsen, daſs sie mehrere Zoll in festes Gestein eingedrungen sind, welches wahrscheinlich Nagelflue ist. Wenn man die Fuſslage *m* Fig. 4. der Pfeiler mitrechnet, so hat jeder Grundpfahl eine Last von 520 Centner zu tragen, die sehr unbedeutend ist. *) Man gieng beym Einrammen der Grundpfähle mit solcher Vorsicht zu Werke, daſs, wenn gleich einige mit der zehnten Hitze nur noch zwey Linien mit 60 Schlägen in den Grund einrückten, das Rammen dennoch fortgesetzt wurde, weil das Gemäuer der eingestürzten Brücke durchstoſsen werden muſste; bey der 30sten Hitze rückten sie dann wieder mehrere Zoll (einer acht Zoll), bis sie vierzehn Schuh in den damaligen festen Grund eindrangen. Jetzt stehn sie bis 24 Schuh darin, weil der Raum um den Pfeiler durch zwey Hochgewässer, mit Kiesel und mit groſsen Steinen ausgefüllt ist. Man war daher genöthigt, dieselben 5′ tief auszubaggern, um den Rost legen zu können.

Wie die Gewölbsteine gelegt werden sollen, zeigt die 55ste Figur Tab. 130., woraus hervor geht, daſs die untern sich an die, über den Pfeiler gestellten Werkstücke, vollkommen anlehnen; bey den Stützlagen des Gewölbes wird man sich übrigens nach der Gröſse der Steine richten: so werden z. B. manche Stützsteine über den ganzen Pfeiler reichen. Die Construction des Lehrgerüstes Fig. 58. Tab. 130. wird bey der Materie von den Lehrgerüsten erklärt.

Die weite Entfernung der Steinbrüche, so wie die öftern Anschwellungen der Isar setzten im Frühling und Sommer 1814 dem Bau groſse Hindernisse entgegen, und die Hochgewässer füllten den Bezirk, wo der rechtseitige Pfeiler (jetzt) im July aufgeführt wird, und eine Tiefe von 10 Fuſs statt fand, zweymahl mit Fluſskiesel. Zur Absägung der Grundpfähle unter Wasser war der ganze Raum des Grundbaues in der Mitte Juny, bis fünf Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande, mit groſsen eisernen Schaufeln ausgebaggert worden, aber ihn füllte abermahls ein Hochwasser mit Kiesel, und man bewirkte diese langsame und kostbare Ausbaggerung zum zweytenmahl. Endlich waren am 11. July die Pfähle genau wagrecht, fünf Fuſs unter dem damahligen Wasser abgesägt; am nämlichen Tage wurde der §. 378. beschriebene

*) Man kann hierüber im zweyten Bande S. 445. die nähern Beweise finden; welche zeigen, daſs die Pfähle eine vier und vierzig mahl gröſsere Last tragen können. So trägt z. B. auch schon bey der Brücke von Mantes ein Grundpfahl der Pfeiler 1600 Centner. Siehe 2. Band Seite 582.

Kasten mit seinen Schwellen genau über die Pfahlköpfe gebracht. Diefs zu bewirken, hatte der Ingenieur, um den Pfeiler, eine Rüstung gemacht, und an den Querverbindungen die Stellung der Pfahlreihen angegeben. Er stellte die auf der Sohle des Kastens eingerissene Mittel-Linie genau unter die oben bezeichnete Mittel-Linie der mittlern Pfahlreihe, liefs an den Ecken vier vierkantige Pfähle einrammen, und befestigte an den Kasten eine Zwinge, die einen solchen Pfahl, nach drey Seiten, einschlofs, um den Kasten genau lothrecht zu senken. Jetzt wurden durch die Sohle des Kastens eben so viele Löcher gebohrt, als Pfähle in dieser Reihe standen, wodurch der Kasten in 1 ½ Stunde so viel mit Wasser gefüllt war, dafs er auf den Pfählen stand; zugleich wurde er mit vier Winden herab gewunden. Nun ward durch jedes Loch ein Eisen gestossen, um zu erfahren, ob dasselbe auch über einen Pfahl traf; man schlug durch jedes drey Schuh lange eiserne Nägel, nachdem ihr Kopf (unten) mit Werch umwunden war, und trieb sie mit eisernen Aufsätzen nieder. Damit der Kasten von dem hydrostatischen Druck des Wassers, welcher bey dem damahligen Wasserstande über 2000 Centner betrug, nicht gehoben werden konnte, liefs der Ingenieur quer über denselben Balken legen, die er, an die Rüstungs-Pfähle, mit Ketten befestigte, und liefs unter diesen Balken Ständer setzen; man trieb nun zwischen jenen und diesen Keile ein. Zugleich wurde der Kasten mit grofsen Werkstücken beschwert. Da der Strom abermahls fünf Schuh stieg, so konnte man erst am 18. die erste Steinschicht beendigen, bey welcher noch 6 Zoll Wasser in den Kasten belassen werden mufste, weil ihn sonst der steigende Strom, ohngeachtet aller jener Vorkehrungen, gehoben haben würde; nach Aufbringung der 2ten Stein-Schichte wurde alles Wasser ausgeschöpft, um den in die Steinfugen gegossenen Cementmörtel anziehen zu lassen. Ich hoffe, dafs diese Brücke 1817 vollendet werden soll: denn an den Mitteln wird es die Regierung gewifs nicht fehlen lassen.

Beschreibung des bey München im Bau begriffenen Durchlafs-Wehres.
Tab. *C.* ersten Bandes und Tab. 133. Fig. 12.

§. 339. Da die vordere Sohle des mit sieben Schützen zu verschliefsenden Wehres *L D* Fig. 12. Tab. 133., welches bey *F* Tab. *C.* *) liegt, dem niedrigsten Wasserstande gleich ist: so hemmt dasselbe begreiflich den Abflufs der Hochgewässer, und ist eine wesentliche Ursache der Ueberschwemmung; vorzüglich zu der Zeit, wenn die Holztrift statt findet, in welcher vor den Schützen eine Wand von 8 Zoll dicken Ständern, die auf 10 — 18 Zoll Abstand gestellt werden, gesetzt wird, vor welcher sich das Triftholz dammartig lagert. Um die Hochgewässer unschädlich abzuführen, die Flofsfahrt, welche bey dem jetzigen Wehr sehr kurz ist und einen hohen Fall hat, also sehr schlecht und gefährlich ist, und die in der linkseitigen Oeffnung zwischen *C* und *D* Fig. 12. Tab. 133. statt findet, zu verbessern, und endlich

*) Ueber die Nachtheile dieses sogenannten Abrechen-Wehres, welches auf der Kupferplatte *C* mit *F* bezeichnet ist, kann man im I. Bande Seite 282 bis 292 nachsehen.

die Holztriftung beyzubehalten; dazu habe ich folgenden Plan entworfen, welcher am 30. März 1814 genehmigt wurde, und der in der Ausführung begriffen ist.

§. 340. Das Neue *Durchlaſs-Wehr* wird 5 Oeffnungen 1. 2. 3. 4. 5 Fig. 12. T. 133. erhalten. Von dreyen wird jede ein und zwanzig Schuh weit; die rechtseitige Nr. 1. so wie die linkseitige, aber vier und zwanzig, so daſs eine Profilweite von 108 Schuh entsteht, weil drey Schuh für die Einrichtung mit Dreh-Thoren (in zwey Oeffnungen) von der ganzen Breite abgezogen werden müssen. Um das Manöver mit den bey 7 und 9 anzubringenden auf die gewöhnliche Wasserhöhe eingerichteten Drehthoren zu erleichtern, bringe ich bey 1 und 2 Wände von Einlegebalken an. *) Von den Pfeilern erhalten drey eine Dicke von sechs, und der Pfeiler *B* von 8 Schuh; deren Oberfläche wird über dem niedrigsten Wasserstande des aufgestauten Stromes sechs Schuh hoch gelegt, und das 63 Schuh breite Sturzbett *I K*, welches aus einem Pfahl- und Schwellroste bestehen wird, dessen Felder mit Kiesel ausgefüllt, und die oberhalb mit Planken gedeckt werden sollen, wird sich an eine Pfahlreihe *G H* anschlieſsen. Dasselbe wird mit seinem Ende acht Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande oder unter der Sohle des jetzigen Wehres, d. i. zwanzig Zoll unter dem niedrigsten Wasser des untern Fluſsbezirkes zu liegen kommen, so daſs der Abfall zwischen *A* und *G* zwey Schuh betragen wird. Die Sohle des Floſsablasses *B C E F* wird vier Schuh höher gelegt, als die Durchlaſsöffnungen, damit, wenn die Isar wenig Wasser führt, die Floſsfahrt erhalten werden kann, während der Strom zur Treibung mehrerer Gewerke, die ihr Wasser durch die Canäle *a. b*, *c* und *D. d* Fig. 12. beziehen, eine hinreichende Höhe behält. Bey sehr niedrigem Wasserstande der Isar kann durch Einlegung der Balkenwände 6 der Abfluſs durch den Floſsablaſs gemäſsigt oder ganz verhindert werden. Gehen Flöſse durch, so hebe man diese Balkenwand heraus. Dieses Wehr wird also, wenn man die Geschwindigkeit von 20 Schuh in der Sekunde annimmt, binnen 48 Stunden, so lange gewöhnlich die hohen Anschwellungen der Isar dauern, eine Wassermasse von neunhundert sechszehn Millionen fünfmalhundert acht und sechzig Tausend Cubik-Schuh, welches eine Fläche von einer Quadratstunde vier Schuh hoch bedecken würde, mehr abführen, als das Gegenwärtige.

Zur Sicherheit des Manövers vom Auf- und Zuschliessen der Wehröffnungen sollen bey 6, 8 und 9 bewegliche Balkenwände, wie die beym Landshuter-Wehr im 2ten B. S. 629. beschriebenen, angebracht werden. Zur Erleichterung des Manövers mit diesen Balkenwänden werden bey 2., 3. und 5. Wände von Einlegebalken angebracht. Die ganze Einrichtung mit den Drehthoren und beweglichen Balkenwänden wird also dergestalt bewerkstelligt, daſs sie in einem Augenblick geöffnet werden können. Wenn in Erwägung gezogen wird, daſs die Trift-Klötze, welche aus dem Gebirge auf der Isar herabschwimmen, bald auf den Uferlanden, bald auf den Inseln und Sandbänken liegen bleiben, dann aber wieder mit Anwendung bedeutender Ausgaben in den Strom geschleppt werden müssen, viele vom Wasser getriebenen Werke der Stadt München, während der Holztrift, auſser dem Umtriebe gesetzt sind, und bey sehr hohen Wasserständen die auf den Ueberfallwehr *F* Tab. C gesetzten Stecken-wände, welche das Triftholz zurückhalten, durchgehauen werden, und das Wehr geöffnet werden müssen, um die Stadt der Ueberschwemmung nicht Preis zu geben, wo alsdann das Triftholz dem Strome ganz überlassen wird: so scheint es besser zu seyn, wenn das Holz, welches schon jetzt aus langen Klötzen besteht, auf oder in Flöſsen herabgeführt würde, wobey eine bedeutende Ersparniſs eintreten dürfte. Diese Triftanstalt machte die Aufgabe bey diesem neuen Durchlaſswehr äuſserst schwierig und einzig in ihrer Art. Nach den Grundsätzen der Wasserbaukunde soll jedes Wehr vertical auf die Richtung des Stro-

*) In Fig. 12. Tab. 133. sind diese mit zwey Linien angegebenen Drehthore, so wie die Balkenwände 8. 9., acht Schuh zu weit gegen das Sturzbett gezeichnet.

mes gelegt werden, damit es die möglichst gröfste Wassermasse abführe, unterhalb weder Widerströme noch Uferabbrüche erzeuge, und es dem Strom eine vortheilhafte Richtung auf die untere Flufsbahn gebe. Hiedurch entsteht nothwendig oberhalb demselben ein noch gröfseres Dreyeck, welches hier von des Durchlafs-Wehres vordern Fläche, von dem rechtseitigen Ufer *M*, *L*, *G* Fig. 12. Tab. 133. und der verlängerten Richtung des Flofscanals *B E F* gebildet wird. In dasselbe müfste sich daher das Trift-Flofsholz legen, und es wäre ohne eine besondere Vorrichtung unmöglich, dieses Holz aus diesem Dreyeck nach dem Trift-Canal *B C* zu bringen, und zugleich das Wehr für den Strom zu öffnen. Aus dieser Ursache habe ich oberhalb dem Wehr die das Flofsholz in den Flofscanal einleitenden Abweise-Joche *M N O P Q R* entworfen, welche jedoch sieben und funfzig Schuh höher, d. i. bey dem Ueberfallwehr (man sehe Tab. c.) anfangen, als es in Fig. 12. bezeichnet ist, weil der Raum der Platte es nicht so anzugeben gestattete. Diese in den Figuren 6 bis 8 Tab. 128. dargestellten Joche gedenke ich folgender Maafsen einzurichten *). Jedes Joch wird bestehn 1) gegen den Strom, aus drey Grundpfählen *a. b. c* Fig. 6. 2) Flufsabwärts aus drey Grundpfählen *d. e. f*, von denen die Pfähle *f. c* und *d. a*, 30 Zoll unter dem niedrigsten Wasserstande des aufgestauten Stromes, mit den Grundschwellen *h. g* bedeckt werden. Dies alles bleibt beständig stehn und wird defswegen so tief gelegt, um ausser der Triftzeit, den Strom kein Hindernifs in seinem Abflufs zu seyn. Es dient folgender Vorrichtung zu sichern Stützpuncten: man mufs nämlich: zur Einleitung des Triftholzes in den Trift-Canal *c* Tab. 133. eine aus Stecken *i i* Fig. 7. und 8. Tab. 128., welche einige Schuh mit einer leichten Ramme in den Grund eingetrieben werden, bestehende Wand errichten, um diese nun zu halten, dazu ramme man die Pfähle *i k* zwischen die Grundpfähle *d. f. e* und *a. b. c*, wenigstens ⅓ ihrer Länge in den Grund, und decke die Pfähle *i k* mit den Kronhölzern *l m*, welche den Steg *n* tragen. Dieser Vorrichtung eine vollkommene Steifigkeit zu geben, werden Kreutzstreben *o p* (Fig. 8.), während der Strom, vermittelst dem Durchlafs-Wehr, beynahe bis zu den Grundschwellen *h* erniedrigt ist, eingesetzt. Die Triftstecken *i* läfst man dann auf 16″ Abstand, in die Einschnitte *r r* des Kronholzes *m* und in die Einschnitte *s*, welche in der an die Pfähle *k k* angeschraubten Gurtung *q* gemacht sind, ein. Ist die Triftung vorüber, so wird diese Vorrichtung weggenommen und ihre Pfähle *i k* ausgezogen.

Durch diese Vorrichtung kann der gröfste Theil des Stromes, zwischen diese Ableitungsjoche oder Bebrückungen und durch die Wehröffnungen durchgehen, während die Trift statt findet, welches bey dem jetzigen Wehr unmöglich gemacht ist. 1) Bey aufserordentlichen Hochgewässern wird man vier Oeffnungen des Durchlafs-Wehres sogleich von ihren Balkenwänden befreyen, folglich öffnen können. 2) Wird die Trift sehr beschleunigt, weil ehemals sich von *L* nach *B* eine ganze Holzwand lagerte, von der man die einzelnen Triftklötze wegbringen mufste. Es versteht sich übrigens, dafs auch der Canal *d* mit einer bey *D* (F. 12. T. 133.) punctirten Trift-Stecken-wand (zur Triftzeit) verschlossen wird. Auf diese Weise wird man allen Bedingungen entsprechen, und da bereits ein Pfeiler, so wie die rechtseitige Wand des Durchlafswehres aufgeführt und die Hälfte der Steine auf dem Werkplatze bearbeitet ist, so hoffe ich: diesen grofsen Bau, über welchen ich dem Bau-Inspector *Ott* die specielle Bauführung anvertraut habe, binnen einem Jahre zu vollenden.

Endlich mufs unterhalb den Bögen von der innern Isar-Brücke (Tab. *c*.) ein Grundbett angelegt und die Aufführung ihrer unterspülten Pfeiler-Gründungen bewerkstelligt werden; welches auch jetzt auf alle Fälle geschehen mufs, wenn man den Einsturz dieser Brücke verhindern will.

*) Fig. 6. zeigt ihren Grundrifs, worin das obere Endjoch *A* vor dem untern folgenden Endjoche *B* vorsteht. Fig. 7. zeigt ein Theil der vordern Ansicht und Fig. 8. den Seiten-Aufrifs, nach der Linie *C D* von Fig. 6. genommen.

§. 341. Ich komme jetzt zu den Aquäducten, die über Thäler und tiefe Stellen des Erdbodens, angelegt sind; vorzüglich um den Städten das Trinkwasser zuzuführen, Bewässerungen zu bewirken, Brücken zu errichten oder zu einer Chaussee zu dienen.

§. 342. Der von den *Römern* über die *Mosel* bey *Metz* erbauete *Aquäduct* (Tab. 132.) von welchen noch einige Bogen stehen, zeigt von der Vorsorge der Römer, für die Einwohner dieser Stadt. Dessen Höhe beträgt beyläufig 70 Fuſs, und die Oeffnungen der Bogen messen 20 Fuſs 2 Linien, die Dicke der Pfeiler ist oben 9′ 10″ unten aber stärker.

§. 343. Der *Aquäduct* in der *Crau* von *Arles* (Tab. 132.) geht über einen Sumpf und führt dem Bewässerungscanal von Craponne das Wasser zu. Er wurde 1558 von dem Erbauer des Canals, dem Ingenieur *Craponne*, der bey der Beschreibung des Canals von Arles erwähnt ist, aufgeführt. Die Länge dieses Apuäducts beträgt 1924′ und die im vollen Halbkreise beschriebenen Bögen haben Oeffnungen von 16′, und ihre Seitenwände haben eine starke Böschung.

§. 344. Der wegen seiner Gröſse merkwürdige *Aquäduct* von *Maintenon* (Tab. 132.) wurde unter *Ludwig XIV.*, 1684, angefangen und vier Jahre später aufgegeben. Das Nivellement und die Berechnungen sind von *La Hire*; der Entwurf selbst wird dem berühmten *Vauban* zugeschrieben. Dieses Werk sollte einen Theil der von Pongoin nach Versailles zu führenden gegen 276000 Fuſs langen Wasserleitung bilden. Der Aquäduct sollte aus drey auf einander geführten Bogen-Reihen bestehen. Acht und vierzig Bogen der untersten Reihe, von denen jeder eine Oeffnung von 22′ 7″ 8‴ hat, wurden in der Nähe von Maintenon wirklich erbaut. Die Pfeiler derselben sind 21′ 6″ 2‴ dick, und durch 2′ 1″ dicke Mauern, die 5′ 4″ 7‴ Böschung haben, unterstützt. Die ganze Länge des aufgeführten Aquäducts beträgt 2693′ 9″ 9‴, und dessen Höhe (im Durchschnitt) beynahe 29 Schuh. Die Pfeiler bestehen aus vier Hauptlagen sehr schöner Werkstücke, der beträchtliche zwischen jeder Lage statt findeude Raum ist mit Bruchsteinmauerwerk, das jedoch, des schlechten Cementes wegen, schon sehr gelitten hat, ausgefüllt. Die Gewölbe sind beynahe durchgehends aus Ziegeln erbaut. Dieses groſse Gebäude, welches über zwey und zwanzig Millionen Livres gekostet haben soll, ist, obgleich es nur 130 Jahre steht, schon mehr verfallen, als viele Bauwerke der alten Zeit.

§. 345. Der *Aquäduct* von *Buc* bey *Versailles* (Tab. 132.) wurde, um das Wasser aus der Ebene von Saclé nach Versailles zu leiten, aufgeführt. Er besteht aus zwey Reihen Arcaden. Die Bogen der untern Reihe tragen zugleich eine, nur 12′ 3″ 9‴ breite Brücke. Diese Bögen sind überdieſs noch mit einem Erddamme umgeben, so daſs man nur die obere Reihe sehen kann. Die ganze Länge derselben beträgt 1262′ 2″, die Höhe ist 40′ 3″, und die Dicke der Pfeiler (oben) 13 Fuſs.

§. 346. Der *Aquäduct* von *Marly* (Tab. 132.) ist zur Leitung des, durch die von der Seine getriebenen Maschine von Marly gehobenen Wassers, nach Versailles be-

stimmt. Er fängt bey dem Wasserbehälter an, worin, vermittelst dieser Maschine und den den Berg hinauf gehenden eisernen Röhren, das Wasser einläuft. Er hat eine Länge von 1982′ 6 Zoll. Seine Bögen haben 42′ Oeffnung, welche der Länge von den Pfeilern gleich ist. Diesen ihre Dicke beträgt an der Basis 18, und oben 6 Fuſs; die gröſste Höhe des Aquäductes übersteigt nicht sechs und siebenzig Schuh.

§. 347. Der *Aquäduct* von *Arcueil*, ohnweit *Paris* (Tab. 132.) wurde, nach den Zeichnungen von *la Brosse*, aus Werkstücken, im Jahre 1624, erbauet. Er führt das vertreffliche Wasser von *Rungis* nach *Paris*. Die Länge desselben beträgt 1200′ 7 Zoll, dessen Breite 11 Schuh. Er ist durch schiefe Mauern, die auf einem Abstande von 18′ 11″ 4‴ stehn, verstärkt, und er besteht aus neun Bogen, wovon jeder 42′ weit ist; dessen gröſste Höhe beträgt sieben und sechzig Schuh.

§. 348. Der von *Pitot* in 13 Jahren, unter *Ludwig XIV.*, aus Werkstücken erbaute *Aquäduct* von *Montpellier* (Tab. 132.) ist eines der schönsten und gröſsten in Frankreich erbauten Werke dieser Art. Er führt das Wasser der Quelle von *St. Clement* und von *Bolidou* nach *Montpellier*, und besteht aus zwey Reihen Arcaden. Die untere Reihe hat 70 Bögen, jeder zu 26′ Oeffnung, und die untern Pfeiler sind 11′ 5″ 10‴ dick. Die oberen Bögen haben eine Weite von 8′ 6 Zoll. Des Aquäductes gröſste Höhe beträgt 86′, dessen Länge 3016 Schuh 3 Zoll.

§. 349. Der *Aquäduct* von *Carpentras* (Tab. 132.) besteht aus drey und dreyſsig vollen Kreisbögen von 36′ Schuh Oeffnung, aus 12 kleinen Bögen von 24′ und einem 70′ 9″ 8‴ groſsen Bogen; die Dicke seiner Pfeiler beträgt 12 Schuh. Des Aquäductes gröſste Höhe ist 76 und dessen ganze Länge 2414 Schuh. Mit demselben ist eine über den Bach *Auzon* führende Brücke verbunden.

§. 350. Der unter *Trajan* erbaute *Aquäduct* von *Lissabon* führt der Stadt Lissabon das Trinkwasser zu. Er ist seiner Höhe und der Weite seiner Bögen wegen der gröſste, den man kennt *). Er besteht aus zwey und dreyſsig Bögen von 89′ 10″ 9‴ Oeffnung; dessen gröſste Höhe beträgt 209′ 4″. Die Pfeiler sind 15′ dick und 21 Schuh lang. Die ganze Länge dieses ungeheuern Werkes übertrift die Länge des von Montpellier und ein volles Sechstheil.

§. 351. Der von den *Römern* erbaute *Aquäduct* von *Segovia* (Tab. 132) hat zwey Reihen Arcaden. Seine gröſste Höhe beträgt 104 Schuh. Es bestehen davon gegenwärtig noch 150 Bogen. Derselbe ist aus groſsen Steinen, ohne Mörtel, erbauet.

§. 352. Der bey *Spoletto*, unter dem Könige der Gothen, *Theodorich*, erbaute *Aquäduct* (Tab. 132.) ist der höchste der Welt. Er bildet eine Brücke und besteht aus zehn groſsen gothischen Bögen, wovon jeder 66 Fuſs Oeffnung hat, die durch Pfeiler, von 10 Fuſs 2 Zoll Dicke, getragen werden. Die mittlern über den

*) Er muſste, seiner Gröſse wegen, so wie die Aquäducte von *Salamanca*, *Castellana* und *Spoletto*, nach einem kleinern Maaſsstabe als die übrigen Aquäducte, auf Tab. 132. gestochen werden. Der oberhalb diesem Aäquäduct stehende Maaſsstab gehört auch zu den zwey folgenden Aquäducten.

Wildstrom *moragia* gesprengten Bögen haben 307 Schuh Höhe, die übrigen sind, da der Abhang, über welchen sie stehen, bedeutend ist, weniger hoch. An der flufsaufwärts gerichteten Seite der Brücke tragen dreyfsig kleine gothische Arcaden einen Aquäduct, der das Wasser nach der Stadt Spoletto führt. Dieses in einem sehr kühnen Styl erbaute Werk ist noch gegenwärtig gut erhalten. Dessen ganze Länge beträgt gegen 760 und dessen Breite 40 Schuh.

§. 353. Der *Aquäduct* von *civita castellana* (Tab. 132.) bildet einen Theil eines ungefähr 400 Jahr vor Christi Geburt erbauten Strafsendammes oder einer Brücke. Diese 768 Schuh lange und 30 Schuh 9 Zoll 5 Linien breite Chaussée ruht in der Mitte auf neuen grofsen Bögen, die 12 Schuh hoch mit Erde belastet sind. Die drey mittlern Bögen haben 81 Fufs, die übrigen 60 Fufs Oeffnung.

§. 354. Der *Aquäduct* von *Gard*, auch *Pont du Gard* genannt (Tab. 132.) ist eines der gröfsten und schönsten noch bestehenden Monumente der Römer; man schreibt seine Erbauung dem *Agrippa* zu. Er bildete einen Theil der von *Uzès* nach *Nismes* gehenden Wasserleitung, deren ganze Länge beynahe sechs französische Stunden betrug, und die von diesem Aquäducte ab, unterirdisch, nach Nismes das Wasser aus den Quellen des Uzès führte. Von den drey Reihen Arkaden dieses über das Thal des Baches *Gardon* aufgeführten Aquäductes, dessen Länge zwischen den Widerlagern 161, 71 mètres ist, besteht die erste Reihe aus fünf, die zweite aus eilf, und die dritte, auf welcher der Aquäduct eigentlich ruht, (jetzt) aus fünf und dreyfsig Bögen. Die Länge der mittlern Bogenreihe beträgt 259, 76 und der obersten 266 mètres. Die beyden untern Bögen haben ungefähr 52 bis 74 Fufs, die der obersten Reihe aber 16 Fufs 11 Zoll 2 Linien Oeffnung. Die Höhe der Schlufssteine beträgt 1,46^{m}. bis 1, 10 mètres; die Breite der eigentlichen Wasserleitung im Lichten ist 1, 62 mètres.

Das Mauerwerk, dessen Steine etwa 4 Schuh hoch, 4½ Schuh lang und 15 Zoll breit sind, ist, wie die meisten alten römischen Werke, ohne Mörtel oder einem andern Bindungsmittel gemacht und besteht aus colossalischen Werkstücken, welche theils ein Muschel- und Meerkiesel-*conglomarat*, theils Kalksteine sind. Die beyden äufsern vordern Seiten der Bögen und der ganzen Wand haben auf eine Entfernung von ungefähr 6 Schuh der Höhe und eben so viel der Länge nach gerechnet, zwey Schuh hervorstehende Steine, die, wie es nicht unwahrscheinlich ist, anfänglich zu Stützpunkten der Lehrgerüste und späterhin dazu dienten, um auf denselben in kurzer Zeit Gerüste errichten und so das Nothwendigste ausbessern zu können. Eben so steht in den zwey untern Reihen der Bögen im Innern der Gewölbe immer der sechste Gewölbstein (der Höhe nach vom Anfang des Bogens gerechnet) nach der ganzen Breite des Gewölbes zwey Schuh vor, um auf denselben die Endpunkte des Lehrgerüstes zu setzen. Das ganze Gewölbe besteht, seiner Breite nach, aus drey Reihen Gewölbsteinen, die nicht ineinander verbunden sind, so dafs jede Reihe ein ganz eigenes Gewölbe bildet. Die Gewölbe sind an manchen Stellen treflich erhalten, an andern aber auf eine unbegreifliche Weise beschädigt, besonders ist dies bey den der

Wetterseite ausgesetzten Theilen zu bemerken. Die Pfeiler sind auf den natürlichen Felsen der Ufer des Flusses Gardon oder Gard gegründet.

Im Jahr 1740 liefsen die Stände von *Languedoc* durch *Pitot* eine Brücke an den Aquäduct lehnen, über welche die grofse Strafse führt, die wir in der Zeichnung sehen. Mein ältester Sohn hat dieses schöne Monument im September 1813 besucht, und von ihm habe ich einige Notizen über dieses herrliche Werk des Alterthums.

§. 355. Der *Aquäduct* von *Caserta* ohnweit *Neapel* (Tab. 132. ist das neueste Werk der Art. Er ist von dem Erbauer vom Schlosse Caserta, *Vanvitelli*, unter dem Könige *Carl III.* im Jahr 1753 aufgeführt worden. Seine drey Reihen Arcaden haben 30 Fufs Oeffnung, und die Pfeiler sind 14 Fufs dick; die Höhe beträgt beynahe 130 Schuh. Auf zwey Lagen gebrochenen Tufsteinen, worin die Steine 6 Zoll hoch und 12 Zoll lang seyn mögen, folgen drey Lagen Ziegel, die mit gutem Cement gedeckt sind und den man auch zu den Fugen der Tufsteine gebrauchte; eine Art Mauerwerk, dessen sich auch die Alten bedienten, und die der Ziegel wegen viel Festigkeit darbietet. Zum Mörtel hat man sehr guten Cement gebraucht.

§. 356. Die *claudische Wasserleitung bey Rom* (Tab. 132.) wird von 12 bis 20′ weiten Bögen und Pfeiler, welch letztere die Hälfte der Bogen-Oeffnungen zur Dicke haben, gebildet. Sie ist nicht, wie beynahe alle Wasserleitungen Roms, von Ziegel, sondern gröfstentheils von Werkstücken erbaut. Vorzüglich wurden unter des Censors *Appius Claudius* Bauführung mehrere Wasserleitungen angelegt *), und der Censor *Agrippa* vermehrte und verbesserte, als Vorsteher von Roms Bauwesen, die römischen Aquäducte wesentlich. Man hat sich bemüht, den Wasserzins, welchen Roms Bewohner jährlich zahlten, zu 6¾ Millionen Thaler zu berechnen, und *Frontin*, welcher, zur Zeit des Kaisers *Nerva*, Oberaufseher über die Wasserleitungen Roms war, hat uns in seinem Werke, *de Aquaeductis*, viele Aufschlüsse über die Wasserleitungen dieser ehemaligen Hauptstadt der Welt gegeben; sieben hundert Personen waren, nach ihm, zum Dienst der 20 oder 24 Aquäducte und der zahllosen Röhrenleitungen, beschäftigt. Erst das dem Haushalte der Römer entbehrliche Wasser wurde aus den Wasserleitungen in die Cloaken abgeleitet, um dieselben zu spühlen.

Jetzt mufs ich noch bemerken, dafs bey den römischen Aquäducten das eigentliche Wassergerinne oberhalb mit einem Ziegelgewölbe bedeckt war, und darin einige Oeffnungen, um den frischen Luftzug zu erhalten, angebracht wurden; auch in der lothrechten Wand dieses Gerinnes waren hin und wieder mit Schützen zu verschliefsende Oeffnungen, um das Wasser dadurch stürzen zu lassen, folglich die Sohle des 2½ Fufs breiten Gerinnes von Schlamm und Sand zu reinigen. Auf diese Weise war also das Wasser den Sonnenstrahlen entzogen und dennoch dem Luftzuge freygegeben; eine Einrichtung, die nachgeahmt zu werden verdient.

*) Diese Wasserleitung hat ihre Benennung nach dem Kaiser *Claudius*, der sie erbauen liefs, und nicht nach dem Censor gleiches Namens, erhalten.

Zweyter Abschnitt des sechsten Kapitels.

Allgemeine Grundsätze und Maximen, welche bey Aufführung steinerner Brücken zu berücksichtigen sind; ferner von den Verzeichnungsmethoden der Gewölblinien; von den Theorien der zu Brücken anzuwendenden Gewölben; von den Lehrgerüsten und von den Maximen bey der Ausführung steinerner Brücken.

§. 357. Nachdem ich im ersten Kapitel einige auf den Bau aller Brücken anwendbare Bedingungen vorgetragen habe, und die *Festigkeit* eines jeden Gebäudes, vorzüglich aber einer den gewaltsamen Angriffen des Stromes und der Eismassen stets ausgesetzten Brücke, so wie der unbeschränkte Abflufs der Hochgewässer das Wesentliche ist, worauf der Ingenieur zu sehen hat: so wird die *Gründung der steinernen Brücken* der erste Gegenstand unserer Untersuchung seyn müssen. Wenn man von dem Gesichtspunkte ausgeht, dafs Werke der Art für Jahrtausende gebauet werden, die gewaltsame Einwirkung der Elemente aber fortwährend an ihrer Zerstörung arbeitet, und wenn man weifs, dafs mehrere Brücken, denen eine solide Fundation mangelte, eingestürzt sind, wie z. B. die ehemaligen Brücken von Orléans, Bamberg, München, Nôtre-Dame und St. Marie zu Paris; von Moulins, de la Ferté sous Jouarre, von Moissac über den Tarn und von Xaintes; ferner zum Theil die ältesten Brücken zu Dresden und Prag, die Brücke von Tours, Frankfurth und von Dôle über den Doubs, die Brücke Senatorius zu Rom, die Westminsterbrücke zu London, die Brücke von Avignon u. m. andere: só ist beym Brückenbau nichts wichtiger, als die *Fundirung der Widerlager und Pfeiler.* Sie mufs aber nicht nur den im II. Bande S. 564 bis 583. aufgestellten Maximen entsprechen, sondern auch dem Angriffe des Stromes und der Eismassen, so viel als möglich, entzogen werden, wie auch den Brückenkörper zu tragen im Stande seyn. Vor allem mufs der Ingenieur dem Flusse eine solche Richtung geben: erstens dafs der Stromstrich die Mitte der Flufsbahn einhält; 2) die Seitenwände der Pfeiler und Widerlager parallel mit demselben liegen, damit sie vom Strome nicht angegriffen werden; 3) dafs die Bögen dem Flufs weder ein zu weites noch ein zu enges Profil darbieten. Im ersten Fall werden für den Abflufs des Stromes, so wie für die Schiffahrt, schädliche Sandbänke und Inseln entstehen und der Stromstrich seine anfänglich zweckmäfsige Richtung in eine fehlerhafte, auf die Pfeiler und Widerlager anfallende verändern; es wird daher das Flufsbett sich erheben, folglich der Strom höher als sonst steigen. Im zweyten Fall kann unter der Brücke die Geschwindigkeit des Stromes, mithin dessen Angriffsvermögen, dergestalt zunehmen, dafs ein für die Schiffahrt gefährlicher Wassersturz hervorgebracht und der Strom gezwungen wird, die Gründung der Brücke zu untergraben, nachdem von ihm das Flufsbett selbst zu sehr vertieft wurde. 4) Da, wo also der Grund sehr beweglich ist, das heifst, wo er aus feinem Sande besteht und der Strom reifsend wirkt, oder da, wo man dem Flusse, während des Brückenbaues, ein anderes Bett anweisen kann,

wird ein Grundbau queer über durch den Fluſs, d. i. ein Sturzbett, anzulegen seyn. Dasselbe werde *unterhalb der Brücke*, längs den Pfeilern vorübergehend und so tief unter dem niedrigsten Wasserstande versenkt, damit es den Abfluſs des hohen Stromes nicht störe und der Strom unter dem Brückenbogen weder einen Wassersturz, noch eine Aushöhlung des Bodens bewirke. Es ist nothwendig, dasselbe unterhalb der Brücke anzulegen, weil alsdann darin neue Pfähle eingerammt werden können und alle Unterwaschung der Pfeiler und Widerlager vermieden wird. Diesen Bedingungen kann man nicht entsprechen, wenn das Sturzbett unmittelbar unter den Bögen oder oberhalb der Brücke liegt! Durch den Fluſs angelegte Fundationen oder Sturzbette treffen wir bey den Brücken *Fabricius*, *Ferrato* und *Aelius* zu Rom, (Tab. 125.) ferner bey den von *Corvo*, *Roanne*, *Moulins*, *Cremera* (Tab. 129.) und bey mehreren andern Brücken an. Da man sie in unsern Zeiten nicht so kostbar wie die Römer, z. B. bey der Brücke von Fabricius (mit verkehrten Gewölben) machen kann, so lasse man dieselben aus einem Pfahl- und Schwellroste (II. Bd. S. 573.) bestehen, fülle diesen mit Bruchsteinen und Cementmörtel aus und bedecke dieses alles mit zweyzölligen Planken von Eichen- Kiefern- oder Lerchenholz, welche jedoch nur 4 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande auf den Schwellrost aufgenagelt werden können. Solcher Grundbau wird, wenn das Bett aus feinem Sande besteht, von zwey Spundwänden, aus dessen Bezirk der Sand ausgebaggert, an dessen Stelle aber Lehm, Mörtel und Steine geschüttet werden, eingeschlossen, wie dies bey der Brücke von Moulins (Tabula 127.) wo derselbe in der ganzen Breite der Brücke durchgeht, geschehen ist. Zuweilen rammt mann auch zwey Pfahlwände ein, (in der untern Wand Pfahl an Pfahl) wirft zwischen beyden Wänden groſse und kleine Steine, so wie aus frischem Kalk gemachten Mörtel, und legt unterhalb der Brücke eine Steinböschung an. Man kann auch einen aus Sinkstücken gemachten Faschinenbau versenken, denselben mit groſsen Steinblöcken bedecken, wenn der Strom und der Eisgang nicht zu reiſsend und die Tiefe unbedeutend ist.

Alle diese queer durch den Fluſs gehenden Fundationen sind kostbar; es ist daher gut, daſs sie selten, nur beym Sandgrunde oder bey Bergflüssen, gebraucht werden müssen. Sie sind wo möglich zu vermeiden; die Gründung der Widerlager und Pfeiler ist aber so einzurichten, daſs sie diese gegen alle Angriffe sichert, welches ohne Sturzbett, ausser bey Bergflüssen, immer möglich gemacht werden kann.

§. 358. Gegenwärtig sind gleichwohl die Fundationen der Brücken mit gröſsern Schwierigkeiten, als in frühern Zeiten, verbunden: denn man konnte ehemals die Flüsse, wo nicht ganz doch zum Theil, von der Baustelle ableiten, weil sie nicht so wie jetzt dem Privatvortheil nachstehen durften und die Brücken mit so vielen Bögen erbauet wurden, die sie, der Natur des Flusses gemäſs, nicht nöthig haben, folglich der Strom theilweise abgedammt werden konnte. So sind ohne Zweifel die *Engelsbrücke* zu *Rom*, die *Regensburger u. m. a.* Brücken theilweise im Trockenen,

erbauet worden. So trennte man also den Strom in zwey Abtheilungen, oder wies ihm auf eine Zeitlang ein anderes Bett an! Wo dies letztere jetzt noch zu bewerkstelligen ist, mag es nicht verabsäumt werden.

§. 359. Zuweilen treten Fälle ein, bey welchen der Ingenieur mit der Brücke eine Aufstauung des Stromes hervorbringen mufs. Diese sind *a*) wenn es dem Flufs oberhalb der Brücke an der zur Schiffahrt erforderlichen Wasserhöhe fehlt; in diesem Fall kann man die Brückenpfeiler selbst als Schleusen- oder Seitenwände eines Schiffsdurchlasses benutzen. *b*) Wenn der Flufs zum Umtriebe der Maschinen zu einer gewissen Höhe gestauet werden mufs, wie dies bey der Brücke *de la Ferté* (Tab. 132.) und zu *Château-Thierry* (Tab. 127.) bewerkstelliget wurde. *c*) Wenn der Flufs zu militärischen Inondationen (zuweilen) steigen soll, wovon die Brücke zu *Alexandria* über den Tessin (Tab. 129.) und die zu *Sedan*, welche Belidor §. 1179 anführt, als Beyspiele dienen.

§. 360. Die Gründung der Brückenpfeiler und Widerlager bestehe, nach der Erfahrung, ausser, wenn das Gemäuer unmittelbar auf Felsen, oder auf harten vom Strom nie zu unterwaschenden Boden aufgeführt werden kann, aus einem Pfahl- und Schwellroste (II. Bd. S. 573). u. f. w.); um nicht nur dem Brückenkörper eine unverrückbare Lage zu geben, sondern auch die Fundation selbst für immer zu sichern. So spare man also bey den Brückenpfeilern und Widerlagern grofser Bögen die Grundpfähle niemals, ausser beym Felsgrunde, wenn gleich der Boden zwölf Fufs und tiefer, aus festem Thon besteht; wohl aber kann dies bey den Widerlagern kleiner und mittlerer Bögen, die auf solches Terrain nur einen Schwellrost erfordern, wenn zuvor der Boden tüchtig mit der Ramme festgestampft und der obere Theil mit einem Cementgufs begossen ist, welcher sich in alle kleine Zwischenräume des Bodens einsaugt, geschehen*). Ihre vordere Wand sichere man mit Grundpfälen und Steinwurf gegen die Unterwaschung, welche der Strom bewirken könnte. Um die Pfeiler und Widerlager bey einem schlechten Grunde und in schnellen Flüssen gegen Angriffe und Unterwaschung zu sichern, sollten die am obern Ende 12 bis 14 Zoll starken und mit hinreichend schweren eisernen Schuhen versehenen Grundpfäle, unter dem Umfange der Pfeiler und in der vordern Seite der Widerlager, wenig, etwa zwey Schuh, wie bey der Brücke von Neuilly, entfernt stehen; ja, man wird (beym Sandgrunde) genöthigt, Pfahl an Pfahl einzurammen. Da aber hiedurch eine Kluft im Flufsbette gespalten werden könnte, wenn man nämlich alle dicht aneinander stofsenden Pfähle gleich tief einrammte und der Boden durch die Pfähle möglichst zusammengeprefst werden soll, damit er gemeinschaftlich mit den eingeschlagenen Pfäh-

70 *

*) Zuweilen kann ein fester Grund erreicht werden, wenn man die obern aus weichem Boden bestehenden Lagen des Erdreichs fortbringt; und dieses Mittel sollte der Ingenieur niemals verabsäumen.

len die Last trage, so ramme man alsdann einen Pfahl um den andern mit wenigen Rammschlägen ein, welcher also kürzer als der ihm zunächst stehende seyn wird. Wenn z. B. ein Pfahl mit einem zwölf Centner schweren Rammklotze so viele Rammschläge erhalten hat, daſs dessen Eindringen während einer Hitze von 60 Schlägen, (bey den letzten Hitzen) nur zwey Linien beträgt, der Ingenieur diesen Pfahl also als feststehend erklärt, folglich das Rammen aufhören läſst, so kann das Feststehen des nächsten Pfahles in einer solchen Pfahlreihe, worin Pfahl an Pfahl kömmt, angenommen werden, wenn der Pfahl in einer der letzten Hitzen vier Zoll in den Grund rückt. Die Rücksicht: in dem natürlichen Grunde mit den Pfählen keine Spalte zu verursachen, ist vorzüglich bey der Dammerde oder beym festen Thonboden, weniger beym nachrollenden Sand- und Kiesboden wichtig. Wo man also den ersten Boden antrifft, müssen die Grundpfähle immer noch auf 12 Zoll Abstand gestellt werden: der Ingenieur kann daher, vor Einrammung einiger Pfähle, den festen Entwurf zur Fundation einer Brücke nicht mit Sicherheit machen.

Im mittelmäſsig festen Boden stelle man die Grundpfähle, im Umfange des Pfeilers, auf 12 bis 18 Zoll Abstand und in den mittlern Reihen 24 bis 36 Zoll. In der vordern Reihe unter den Widerlagern sollten (nach der Erfahrung) die Grundpfähle auf zwey Schuh, in den übrigen Reihen auf drey bis vier Schuh Abstand, wie bey der Brücke von *Orléans* geschah, eingerammt werden. Bey der von *Saumur* sind sie von Mittel zu Mittel drey Schuh entfernt; bey der von *Concorde* zu Paris sind sie auf zwey Schuh gestellt. Da ich aber anrathe: die Gewölbe bis auf den Schwellrost der Widerlager hinabgehen zu lassen, um ihren Seitendruck aufzuheben, so muſs ich bemerken, daſs da, wo der Bogen die Gründung berührt, die Pfähle nur 1½ bis drey Schuh Abstand, nach der Härte des natürlichen Erdreichs, und in den übrigen Reihen, auf drey bis vier Schuh Abstand, zu stellen sind. Man sehe deswegen die auf Tab. 133. Fig. 4. dargestellten Horizontalschnitte der Münchner Brücke.

Bey der Bestimmung der Anzahl der Grundpfähle haben wir auf ihr Tragvermögen keine ängstliche Rücksicht zu nehmen, wohl aber das Comprimiren des Grundes zu bewirken; denn die Erfahrung zeigt, daſs, wenn sie mit den im Gebrauche seyenden Rammklötzen bis zum Stehen eingerammt sind und den §. 15. vorgeschriebenen Pfahlschuh erhalten haben, unendlich mehr tragen, als man je darauf zu legen im Stande ist. (II. Bd. S. 445.) So trägt bey der Brücke von *Mantes* ein Pfahl 160,000, bey der Brücke von *Orléans* 104,900, bey der von *Saumur* 63,000 und bey der von *Neuilly* 132,812 Pfund. (II. Bd. S. 583.) Ja, man sieht aus den angestellten Beobachtungen, daſs ein mit einem 1200 Pfund schweren Rammklotze bis zum Stehen eingerammter Pfahl eine Last von zwey Millionen Pfund tragen könne, ohne tiefer in den Grund einzudringen. Schwerlich wird also der Ingenieur in den Fall kommen, eine gröſsere Last auf einen Grundpfahl zu setzen, als bey den angeführten Brücken darauf ruht. Folgendes erläutert dies näher: 1) Hält *Perronet* (pag. 596. seines

werkes) dafür: dafs ein mit einem 600 Pfund schweren Rammklotze, bey 4 Fufs Fallhöhe (bis zum Stehen) eingerammter Pfahl, die Last von 773,000 Pfund tragen könne; wenn man nämlich nach Mariottes Versuchen rechnete, nach welchen die Wirkung eines zwey Pfund zwey Unzen schweren, 7″ fallenden Körpers, dem Druck einer 400 Pfund schweren Last gleich ist. 2) Cessart nimmt in seiner Déscription des travaux hydrauliques Tom. 1. p. 56 an: dafs ein Pfahl bey der Brücke von Saumur, wenigstens eine Last von 189,000 Pfunden tragen werde. 3) Habe ich S. 475 des II. Bandes gezeigt: dafs ein mit einem 1200 Pfund schweren Rammklotze bis zum Stehen eingerammter Pfahl, die Last von 2,308,290 Pfunden trägt, ohne in den Grund tiefer eingedrückt zu werden. Uebrigens glaube ich auf diese im II. Bande citirte Materie verweisen zu können, da die darin aufgenommenen Cessartschen Versuche ein grofses Licht über diese wichtige Sache verbreiten. Eine andere Betrachtung entsteht, wenn die Pfähle vom Grunde entblöfst sind, dann tragen sie natürlich viel weniger; diesen Unfall mufs man daher verhüten, und die Grundpfähle stets mit einer festen Masse umgeben. Da man die Brückenpfeiler nur beym unzerstörbaren Grunde des Flusses ohne Vorbau (empatement) bestehen lassen kann, so mufs vor der äufsern Pfahlreihe desselben eine zweyte Reihe von Pfählen dergestalt eingerammt werden, dafs immer ein Pfahl davon zwischen zwey Pfählen jener äufsern Reihe des Pfeilers trifft, wie bey der Münchner-Brücke Tab. 133. Fig. 4. geschieht.

§. 361. Zu den Grundpfählen kann man sich des Tannen-, Kiefern-, Erlen-, Lerchen- oder Eichenholzes, aber nicht des im Wasser nicht lange dauernden fichtenen Holzes bedienen. So sind z. B. alle Schleusen in Holland von Tannen- und Kiefernholz fundirt. Einige Fundationen sind daselbst 800 Jahre alt, wie bey den Schleusen von Halfwege, Helvoet, Amsterdamm und bey den von Sparndamm; dennoch hat man an ihren Gründungen keine Beschädigungen bemerkt! Ich selbst habe sechshundertjährige Fundationen ausgraben lassen, und das Tannenholz noch frisch erhalten gefunden.

§. 362. Ehe die Einrammung der Grundpfähle bewirkt werden kann, mufs da, wo sie zu stehen kommen, das Flufsbett von feinen Sand, Erde, Pfählen, Wurzeln und Steinen, nicht aber festliegenden Kiesel mittler Gröfse *), so viel als möglich, gesäubert seyn; die defswegen anzuwendenden Methoden sind im II. Bde. S. 478 bis 481 gelehrt. Bis zu einer Tiefe von drey Fufs können die mit Wasserstiefeln versehenen Arbeiter die Ausräumungen bewerkstelligen, wozu sie sich der Schaufeln und des im I. Bande S. 248 beschriebenen Sandkrazers oder der Delonschen im II. B. Seite 487. erklärten Maschine, die man jedoch nur zur Aufförderung des weichen Grundes der Erde, des Schlammes und Sandes wird gebrauchen können, bedienen.

*) Die Kiesel geben nämlich einen festen Boden, zumal wenn darauf frisch gelöschter Kalch geschüttet wird. Sie dürfen also nur so tief ausgehoben werden, als die Bewegung der Säge, womit die Pfähle unter Wasser abgeschnitten werden, es erfordert.

Kann diese Ausräumung nicht vollständig vollzogen werden, so wähle man so schwere Pfahlschuhe, welche durch das im Flusse liegende Material hindurchdringen; dieses kann (nach meiner Erfahrung) wenn es auch aus Steinbrocken besteht, mit 12 bis 1400 Pfund schweren Rammklötzen und Pfahlschuhen von 30 bis 60 Pfund bewirkt werden. Die Wahl solcher schweren Pfahlschuhe und Rammklötze wird aber alsdann unvermeidlich, wenn die Grundpfähle durch ein altes in den Fluſs gestürztes Gemäuer dringen und dasselbe zerspalten müssen; welches Verfahren eintritt, wo man über eine eingestürzte Brücke einen neuen Pfeiler zu gründen hat, und das bey dem rechtseitigen Pfeiler der Münchner-Brücke (Tab. 133.) statt fand; die vollständige Ausräumung eines tief in den Fluſs liegenden Gemäuers ist nämlich fast mit unüberwindlichen Schwierigkeiten und ungeheuern Kosten verknüpft. Bey einem solchen Fall muſs man das Rammen eines wenig einrückenden Pfahls auch alsdann nicht beendigen lassen, wenn er mit 60 Schlägen um nichts eindringt, im Fall bereits andere Pfähle tiefer eingedrungen waren, sondern man muſs fortrammen lassen, bis er das Gemäuer durchstoſsen hat, und in den natürlichen festen Grund eingedrungen ist. Ein Beyspiel hierüber ist bey der Beschreibung der Münchner - Brücke angeführt worden.

§. 363. *Die Länge der Grundpfähle* kann der Ingenieur nur mit einigen einzurammenden Probepfählen bestimmen, indem man dieselben bis zum Stehen, mit 1000 bis 1400 Pfund schweren oder noch schwerern Rammklötzen (II. B. S. 375 und 575) einrammt und hinreichend schwere, die Pfahlspitze einschlieſsende eiserne Schuhe wählt. In unsern Flüssen, deren Bett aus Kiesel, dann aus Thon besteht, dringen die mit solchen Rammklötzen getriebenen Pfähle 10 bis 18 Fuſs in den natürlichen Grund ein, selten aber tiefer. Ihre Stärke betrage am obern Ende wenigstens zwölf Zoll. Man wird auch immer sich davon zu überzeugen Gelegenheit finden: daſs alle Rammpfähle eines Pfeilers, bey einem festen Grunde, fast genau zu ein und eben derselben Tiefe eindringen, weil der feste Boden oder Tuf gewöhnlich ziemlich horizontal liegt.

§. 364. *Die Zwischenräume der Grundpfähle eines Brückenpfeilers oder Widerlagers* müssen, nachdem der Sand oder die weiche Erde und Schlamm herausgebaggert, und alles Wurzelwerk herausgefördert ist (II. Band S. 583) mit Bruchsteinen, Kieseln und frischgelöschtem Kalch, besser mit Cement oder Betonmörtel, mit Ziegel oder Steinbrocken und dünnen Mörtel, so tief gefüllt werden als man Willens ist, den Rost (II. B. S. 573 und 587) zu versenken. Diese Masse wird sich dann bald erhärten und die Grundpfähle vollkommen mit einem festen Körper umgeben. Wird z. B. der Pfeiler mit einem Steinfachwerke, wie bey der Münchner-Brücke (T. 133.) umschlossen, so fülle man, unter dem Pfeiler, den Raum mit Wassermörtel und Steinbrocken, die Fachwerke der Umgebung aber mit Steinen, Mörtel und frisch gelöschtem Kalch. Wo ein solcher, den Pfeiler umgebende Pfahl- und Schwellrost, wie

bey dieser Brücke angebracht ist, fehlt, werfe man innerhalb der vordern Wand des Widerlagers oder der äufsern Wand der Pfeiler, so grofse Steine, welche durch die Zwischenräume der Pfähle nicht durchfallen; fülle die dazwischen entstandenen Räume sorgfältig mit Cement, Kiesel und frisch gelöschtem Kalch oder Betonmörtel und Steinbrocken, nachdem die Grundpfähle unter Wasser, so tief es nöthig ist, wagrecht abgesägt worden sind, und werfe, um die Gründung des Pfeilers, grofse Steinmassen und Kiesel dazwischen.

§. 365. *Das Abschneiden der Grundpfähle* kann in dem Falle, wenn man weder Schöpfmaschinen noch Fangedämme anwenden oder in versenkten Kästen bauen will, nur 3 bis 5 Fufs unter dem niedrigsten Wasser bewerkstelligt werden, weil man selbst mit den gröfsten Werkstücken nicht tiefer als 4 Schuh unter Wasser (12″ kann für den Rost gerechnet werden) ohne Kästen oder Fangedämme, zu mauern im Stande ist. In so ferne die im II. Bande S. 540 — 563 abgehandelte Anlegung der Fangedämme, so wie die Ausleerung der Baustellen von dem darin stehenden Wasser vermittelst den daselbst S. 357 — 389 beschriebenen Maschinen nicht nur, wie gesagt, sehr kostbar ist, sondern auch von dem Steigen der Flüsse gehemmt wird, so mufs der Ingenieur sich zur Anwendung des künstlichen Abdammens der Baugruben nur dann entschliefsen, wenn die im II. Bande Seite 634 angegebene Methode oder der Bau in Kästen nicht rathsam ist.

§. 366. Auf die so tief abgeschnittenen Pfähle wird dann der Schwellrost, den man aus Eichen-, Lerchen- oder Kiefernholz (auf den Werkplatze) hat zimmern und abbinden lassen, mit Hebel, Schrauben oder Winden auf diejenige Art versenkt und auf die Pfähle mit eisernen Nägeln befestigt, welche im II. B. Seite 587 beschrieben ist Jetzt werden die Rostfelder mit Steinen, Cement, Kiesel und frisch gelöschtem Kalch gefüllt. Man läfst die Ausfüllung einige Tage liegen, dieselbe auch wohl mit dem durch eine hölzerne Röhre laufenden leichten Rammklotz fester stampfen, begiefst dieselbe mit frisch gelöschtem dünnen Kalch und Cementgufs, dann werden endlich die einzelnen 2 bis vierzöllige Planken nach der im II. Bande S. 587 und 635 beschriebene Weise, auf die Rostschwellen, mit eisernen Nägeln, befestigt. Diese Planken müssen aber aus Eichen-, Lerchen- oder Kiefernholz, nur wenn diese Holzgattungen nicht zu haben sind, aus Tannenholz bestehen.

Wird aber der Schwellrost nicht tiefer als zwey Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande gelegt, so kann die Aufnagelung des Rostes und der Rostplanken mit hölzernen und ½ Stunde über in siedendes Oel gelegten Nägeln bewerkstelliget werden. Sie ist defswegen nothwendig, damit der hydrostatische Druck des Wassers die Planken, ehe sie mit Steinen belegt sind, nicht heben könne. In solchen hölzernen Nägeln wird unten eine Spalte gemacht, worin man einen Keil steckt; so wie nun der Nagel in das für denselben gebohrte Loch eindringt, spaltet der Keil denselben, und wird fest in das Bohrloch angetrieben. Bey dem tiefer liegenden Roste wird

mit 12 Zoll langen Hacken, bey dem höher liegenden mit Händen untersucht: ob die Rostschwellen genau auf die Pfähle liegen, und da, wo man einen Zwischenraum findet, wird von einem Taucher oder vermittelst eines Hackens, ein Keil gesteckt, den man mit einem an einem hinreichend langen Stiel befestigsten Hammer eintreibt.

§. 367. Endlich umgebe man die eigentliche Gründung des Pfeilers, wie gesagt, mit einem grofsen Vorbau. Derselbe kann auf verschiedene Weise gemacht werden. 1) Bestehe er aus grofsen und kleinen Steinblöcken, und erhalte zwey Schuh Böschung auf jeden Fufs Höhe. Auf ihren Lagen schütte man Beton- oder Cementmörtel. Man gebe demselben vorne gegen den Pfeiler zu, einen Rücken, welcher sich immer mehr, je näher er dem Pfeiler kömmt, erhöhe, und der sich zuletzt 2 bis 5 Schuh (I. B. S. 214 u. 223.) über den niedrigsten Wasserstand erheben sollte, um die Eismassen zu spalten. 2) Da, wo ein beweglicher Grund ist, schliefse man die Pfeiler mit einem aus Pfahl- und Schwellrosten bestehenden Vorbau ein; man sehe Tab. 133. den Grundrifs der Münchner-Brücke. Dessen Fächer fülle man mit Bruchsteinen, Kiesel, Mörtel und frisch gelöschtem Kalch, bedecke ihn mit Planken und setze darauf eine 2 bis 3′ hohe und drey 3 bis 6 Schuh breite aus grofsen in die untere Lage des Pfeilers fortgehenden Werkstücken bestehende Mauer. Diesem Vorbau gebe man zur Breite (nach jeder Seite) die halbe Breite des Pfeilers. Ist der Strom nicht reissend, so kann die Plankendecke und die den erhöhten Theil des Vorfufses bildende Werkstück-Mauerdecke *l m* (Fig. 4. Tab. 133.) wegbleiben, und der Rost nur mit Bruchsteinen und Mörtel gefüllt werden.

§. 368. Wichtig ist bey dem Vorfufs oder Vorbau, d. i. bey der Umgebung eines Brückenpfeilers, die Figur seiner Grundfläche und seine Länge. Da er den Strom vortheilhaft spalten, das ist, demselben einen so geringen Widerstand als möglich ist, entgegensetzen, und den Seite 185 aufgestellten Erfordernissen entsprechen soll: so sollte ihm, in grofsen und tiefen Flüssen, stromaufwärts eine gröfsere Breite als stromabwärts (Fig. 15. Tab. 122.) gegeben werden; s. S. 34. u. s. w. Abwärts der untern Spitze schlagen dann die Stromfäden zusammen, folglich läfst sich dort der Sand nieder, also ist die Unterwaschung dieser Spitze verhindert.

Die Länge des Vorbaues müfste zwar, wenn derselbe dem Wasser den geirngsten Widerstand entgegensetzen sollte, $5\frac{1}{2}$ mal dessen Breite betragen, aber dies ist nicht ausführbar, sondern man wird sich mit der drey bis vierfachen Breite begnügen müssen; die fehlende Länge wird aber von der Anhäufung des Materials, unterhalb dem Pfeiler, nach der Erfahrung, bald bewirkt, wenn dasselbe gleich einige Schuh unter dem niedrigsten Wasser liegt.

§. 369. Bey allen Gründungen, wobey die Pfähle nur fünf Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande abgesägt werden dürfen, kann demnach der Ingenieur die Fangedämme und Ausschöpfungen (ausser in besondern oben angeführten Fällen) vermeiden, welche nicht nur kostbar, sondern auch gefahrvoll und von langem Au-

fenthalte sind. Oefters bricht der Strom diese Fangedämme durch oder dringt von unten in die Baugrube durch Quellen S. 518. oder in den porösen Baubezirk ein, und macht die grofse Summen erforderlichen Ausschöpfungen, in wenig Stunden, vergeblich. Nie sollte man diese Methode anwenden, als wenn in einer grofsen Tiefe und in einem, das Wasser von unten nicht durchlassenden Boden fundirt werden kann, sondern lieber die Brücken-Pfeiler weniger tief, also auf die vorne beschriebene Art oder in Kästen fundiren. Es ist unglaublich, wie kostbar und beschwerlich die Arbeiten, welche der Bau in Fangedämmen nothwendig macht, bey dem Bau den Brücken von Neuilly, Orléans, Mantes und Saumur und mehrern andern Brücken gewesen sind, die man nicht tiefer als fünf Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande hätte fundiren dürfen, wobey sie also vermieden werden konnten; besonders wenn man meine oben zur Versenkung des Rostes angezeigte Methode gekannt und auf dessen Deckschwelle die erste drey bis 5 Schuh hohe Steinschicht aufgebracht hätte, um darauf die zweyte Schicht, im Trockenen, zu legen. Es ist auch einleuchtend, dafs man dabey mit aller Genauigkeit zu verfahren im Stande sey, und ich verweise deshalb auf die Beschreibung der Brücke von Mühldorf §. 134. und des Wehres von Landshut II. Band Seite 634 und 635.

§. 370. Wo grofse und feste Steine sind, die über ein Rostfeld, d. i. von der Mitte einer Rostschwelle bis zur andern reichen, läfst man die Rostplanken weg und legt die Steine gleich auf die Rostschwellen. Dieser Rost, ein Flofs bildend, kann auch auf die Oberfläche des Wassers mit der ersten Steinlage regelmäfsig belegt werden. Damit derselbe noch vom Wasser getragen wird, wenn er vollkommen bedeckt ist. Zu diesem Behufe bringe man an dessen Seiten leere Tonnen an und richte ihre Gröfse und Anzahl so ein, dafs sie von der Last des beschwerten Rostes allmählig heruntergezogen werden. Zum Manöver dieser Methode oder einer andern, wonach der Schwellrost erst mit Deckplanken gedeckt wird oder wobey dessen Boden aus einer doppelten Plankendecke besteht, um die Zwischenräume, welche in den Rostfeldern entstehn, zu vermeiden, folglich der Kasten ein gröfsere Lasten tragendes Flofs bildet, dann aber mit der ersten Steinschicht beschwert und versenkt wird, ist eine Pfahlrüstung rund um den Pfeiler nothwendig. II. Band S. 118. Die Versenkung des Schwellrostes mit einer Steinlage ist bey der über den *Ain-Flufs* auf der Route von Lyon nach Genf stehenden Brücke vom Ingenieur *St. André* (1736) ausgeführt worden; da sie aber des bedielten Rostes, folglich des hydrostatischen Druckes wegen, den das Wasses darauf ausübt, beschwerlich auszuführen ist, so glaube ich ihr meine im II. B. S. 635 gezeigte Methode, wonach blos der Schwellrost heruntergedrückt wird, um so mehr vorziehen zu dürfen, als man bey ersterer den Vortheil hat, sich mit Genauigkeit, durch Sondiren, von dem Aufpassen der Rostbalken auf die Pfähle zu überzeugen.

§. 371. Wird demnach in Erwägung gezogen, dafs wenige unserer Flüsse eine gröfsere Tiefe als 12 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande haben und die

Pfeiler bis zum Anfange der Bögen selten höher als 12 Schuh sind, folglich die Versenkung des Gemäuers zu 4 Schuh unter diesem Wasserstande hinreichend ist, wenn man den Zwischenraum der Grundpfähle sorgfältig so füllt, und die Pfahlgründung mit einem Steinwurf oder einem Pfahl- und Schwellrost so umgiebt, wie ich's beschrieben habe: so werden die Pfeiler einen sichern Grund und Körpermasse genug erhalten, wenn man ihre Grundpfähle vier Fuſs tief unter dem niedrigsten Wasser absägt. Um den Pfeiler herum lasse man aber, wenn das Fluſsbett noch einer Vertiefung fähig ist, die äuſsern Gründungen, d. i., den Vorbau, bis zur Hälfte der Pfeilerdicke, hervortreten, setze denselben mit dem Schwellroste des Pfeilers in Verbindung, und lasse die untere Steinlage vom Pfeiler auf diesen Rost 18 bis 30″ vorspringen. Auf diese Weise vertheilt man diejenige Last, welche auf die Fundation des Pfeilers drückt, auf eine gröſsere Anzahl von Grundpfählen, wie ich bey der Brücke von München Tab. 133. thue. Beträgt aber die mittlere Tiefe des Flusses mehr als zwölf Schuh, so kann man das Gemäuer eines Brückenpfeilers entweder mit einem, allen Angriffen des Eises und Stromes widerstehenden stärkern Bau umgeben, oder dasselbe tiefer als 4 Schuh unter der Oberfläche versenken, wodurch der Pfahlgrund nicht so hoch gemacht, also dem Strome und Eisgange, so viel als thunlich ist, entzogen und dem Pfeiler mehr Masse gegeben wird. Dann wird aber die Aufführung der Grundlagen in Kästen oder Fangedämmen nothwendig. In der Regel sollte der Fuſs der Pfeiler wenigstens $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ und der von den Widerlagern $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{6}$ der mittlern Tiefe, die in derjenigen Stromsection, in welcher man die Brücke erbaut, sich vorfindet, oder die in Gemäſsheit der Regulirung der Fluſsbahn, entstehen wird, unter dem niedrigsten Wasserstande zu liegen kommen, welche Regel auch bey den beſsten Brücken näherungsweise beobachtet worden ist. Dabey wird man in unsern Flüssen selten Fangedämme oder den Bau in Kästen nöthig, und den Schwellrost der Pfeiler nicht tiefer als drey bis vier Schuh zu versenken haben.

§. 372. Bey einer und derselben Brücke sollte man aber die Gründung der Pfeiler, wo möglich, in eine horizontale Ebene legen, damit die Masse der Brücke einen gleichförmigen Druck auf die Fundation und den natürlichen Grund ausübe. Auch ist nicht abzusehen: warum man, bey einer soliden Umgebung des Pfeilers, den einen Pfeiler (ohne Noth) tiefer als den andern fundiren müsse. Man richte sich also nach der Tiefe im Stromstrich und überschreite diese Regel nur, wenn der durchaus feste natürliche Grund eine gleiche Senkung der Fundamente unnöthig oder dessen Wegschaffung sehr kostbar, vielleicht unmöglich macht. So ist z. B. die Eintrachtsbrücke zu Paris $5\frac{1}{2}$ bis 6′, die von Saumur 4 bis 15′ *), die von Orléans 6′

*) Da man bey der Brücke von Saumur mehrere Pfeiler zu 4 und 5 Fuſs in Abdämmungen fundirt hatte, so wurde die tiefere Fundation nur deſswegen ausgeführt, weil die Vorrichtung in Kästen dazu Gelegenheit darbot, und man kam zuletzt wieder auf die Tiefe von 10′ zurück, als man einige Pfeiler gleichwohl tiefer fundirt hatte.

bis 7′ 8″, die von Tours 5′, von Maixance 9′, von Neuilly 8′, von Mantes 6′, von Château-Thierry 5 Fuſs unter dem niedrigsten Wasser fundirt worden.

§. 373. Folgende Methode der Fundirung ist meiner Ueberzeugung nach in *groſsen Tiefen von zwölf Schuh und darüber* empfehlungswerth. Man führe in der ganzen Fläche des Pfeilers und seiner aus Grundpfählen zu machenden Umgebung zuerst einen Faschinenbau (I. B. S. 253.) oder ein Werk von Sinkstücken (I. B. S. 262.) dergestalt auf, daſs es sich 3 bis 5 Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande senke, wenn es einige Monate gelegen hat. Durch diesen Bau ramme man die Grundpfähle des Pfeilers und seiner Umgebung, bis zum festen Pfahlstande ein, und schütte rund um jeden Pfahl, während dem Ramm-Manöver, Kiesel, Sand und Kalch, damit der Faschinenbau, durch den er getrieben wird, eine gröſsere Festigkeit und der Pfahl einen festern Stand erlange. Sind die sämmtlichen Pfähle eingerammt, so verfahre man, wie dies im §. 371. gezeigt ist. Ich habe diese Methode bey dem linkseitigen Widerlager der Freysinger-Brücke Tab. 108. bey einer Tiefe von 39 Schuh (S. 346.) mit dem beſsten Erfolge angewendet; hier hätte man aber weder in Kästen bauen noch Fangedämme errichten können, weil der Strom zu heftig, zu veränderlich und die Tiefe zu groſs war.

§. 374. Wiewohl der Ingenieur bey den meisten Fällen die Grundpfähle nur vier Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande wird abschneiden lassen dürfen, und den Rost, nach der im II. Bande S. 635 beschriebenen, hier mehrmalen erwähnten Methode, wird versenken, und auf die Grundpfähle befestigen können: so tragen dennoch mehrere Fälle dazu bey, daſs man die ersten Steinlagen im Trocknen zu legen wünscht. Dazu nöthigt der Umstand, *a*) wenn man in einem Flusse fundirt, der öfters mehrere Schuh steigt, so daſs die Legung der Steine unterbrochen, oder wenigstens nicht mit der erforderlichen Genauigkeit bewerkstelliget werden kann; *b*) wenn das Gemäuer aus Werkstücken bestehen soll, die man genau zu legen genöthiget ist, um vollkommen horizontal gelegte Lagen und ein schönes Ansehen darbietendes Werk zu erhalten. In diesen Fällen lasse man einen Kasten verfertigen, dessen aus doppelten Plankenlagen oder aus einem mit Planken zu bedeckenden Schwellrost *) zugezimmerter Boden, die Oberfläche des Rostes von der Fundation bildet; mache dessen Wände aber so niedrig, wie die bekannten gewöhnlichen Wasserstände es zulassen, um die Werkstücke nicht zu hoch heben zu dürfen; ersetze also mit solchen Kästen die kostbaren Fangedämme.

*) Da der Schwellrost auf den Grundpfählen ruht, so hat der zwischen seinen Balken entstehende Zwischenraum, in Flüssen, die viel Material führen, und wo man den Pfeiler mit geschlossenen zwiefachen Pfahlwänden umgiebt, nichts Nachtheiliges, denn er füllt sich mit Schlamm, und wenn er auch einige Zoll hoch leer bliebe, so kann hieraus kein Nachtheil entstehen, denn rundum wird die ganze Gründung von Pfahlreihen und Steinwurf geschlossen.

§. 375. *Zur Aufführung der Brückenpfeiler in Kästen* gab die *Westminster-Brücke* zu *London* (Tab. 129) die erste Veranlassung. Diese Methode hat allerdings in Ebbe- und Fluthströmen viele Vorzüge vor den Umdämmungen, weil dadurch die Aufführung des Gemäuers beschleunigt wird; aber man sollte dem Erbauer dieser Brücke, *Labelye*, darin niemals folgen, dafs er den Rost des Kastens nur allein auf das natürliche Flufsbett gesetzt und keinen Pfahlgrund geschlagen hat. Zwey Pfeiler der Brücke senkten sich daher bald. Die Anlage eines Gemäuers in Kästen ist meines Wissens zuerst bey den Hafendämmen von *Nizza*, *Cherbourg*, *Genua*, und bey dem Stadthause zu *Toulon*, in Ausführung gebracht worden, wie es im II. Bande S. 111. beschrieben ist, und ich kann den Umstand nicht erklären, warum Einige diese Gründungsmethode zuerst bey der Westminster-Brücke als ausgeführt betrachtet wissen wollen, da la Belye nur der erste war, der dieselbe bey Gründung der Brückenpfeiler anwendete. In so fern ich bey der Beschreibung dieser Brücke die Fundation erwähnt und auf *Belidor* verwiesen habe, auch die bey den Brücken von *Saumur* und *Blackfriars* angewendeten Methoden viel einfacher sind, so will ich beyde jetzt beschreiben.

Nachdem man bey der Brücke von *Saumur* Tab. 127.) ein Widerlager und einen Pfeiler in 12 Fufs dicken Fangedämmen fundirt hatte, wurde die Methode in Kästen unter der Oberfläche des Wassers zu mauern, angewendet. Als nämlich 1756 die Hochgewässer der Loire während des Baues des in Fangdämmen aufgeführten Widerlagers und Pfeilers anhaltend waren, wurden täglich 517 Arbeiter zum Betriebe der Paternosterwerke gebraucht, wovon jedes stündlich 480 Cubikfufs Wasser aufförderte, d. i. also 20 Cubikfufs mehr als die Paternosterwerke von Neuilli schöpften. (II. Bd. S. 373.) Die mit den Fangdämmen und dem Umtriebe der Schöpfmaschinen verbundenen Kosten, so wie die bedeutende Tiefe und der das Wasser durchlassende Grund der Loire, dieses alles schien der Gründung in Fangdämmen, wo nicht unübersteigliche, doch grofse Hindernisse entgegenzusetzen. *Perronet* kam daher dem Wunsche der Ingenieure *Voglie* und *Cessart* dadurch entgegen, dafs er den Bau in Kästen anstatt in Fangdämmen (bey dieser Brücke) als zweckmäfsig erkannte. Die Beschreibung, welche *La Belye* von seiner bey der Westminsterbrücke angewendeten Methode bekannt gemacht und die *Belidor* in seiner Wasserbaukunst aufgenommen hat, liefs diesen Ingenieurs noch einige Zweifel übrig; auch glaubten dieselben, sie vereinfachen zu müssen, und einige Personen hielten dafür, dafs man den Boden des Kastens, wie die plattbodigen Fahrzeuge zu Rochefort construiren sollte. Beyde Ingenieurs reifsten also nach diesem Hafen, fanden aber sogleich, dafs diese Construction nicht anwendbar sey; sie wandten daher folgende Methode an. Der Kasten (Fig. 10. Tab. 127.) wurde mit triangelförmigen Enden so weit gemacht, dafs rund um den Pfeiler ein Zwischenraum von zwanzig Zoll übrig blieb. So betrug des Kastens Grundfläche 1000 Quadratschuh, und anfänglich, als man zu 7 Fufs tief fun-

dirte, war dessen Höhe 10 Fuſs, späterhin 18 Fuſs. Die Länge betrug 48 und die Breite zwanzig Fuſs.

Nachdem man für den siebenten Pfeiler der Brücke von *Saumur* (F. 14. T. 127.) sechs Reihen Grundpfähle eingerammt hatte, wurden zwey Reihen dünnere Pfähle *o p* u. *q r* eingetrieben, welche zum Manöver der Wassersäge und der Versenkung des Kastens dienen sollten, und der Zwischenraum mit Faschinen ausgefüllt; damit aber der Kasten über diese Grundpfähle gebracht werden konnte, blieb zwischen *o q* ein Raum übrig, der ihm zum Eingang diente. Die Faschinenlagen wurden oberhalb mit Brettern Fig. 11. bedeckt, und auf die so gemachte Rüstung setzte man den Fuſs der Wassersäge *m*, womit die Pfähle abgeschnitten wurden.

Der Kasten selbst wurde auf eine Pfahlrüstung (Fig. 11. und 23.) zusammengesetzt, und dann vermittelst Schrauben und Hebel an der einen Seite bey *a* (F. 9.) gehoben, bis daſs derselbe auf die ins Wasser verlängerte schiefe Fläche *a b* in die Loire hinabglitt, welches bewerkstelliget wurde, nachdem die Fläche einen Winkel von 19 Grad erhalten hatte. Er tauchte nun, vermöge seiner eigenen Schwere, zwey Fuſs ins Wasser; dessen Boden gab sich aber in der Mitte einige Zoll anfwärts, daher man das Mauerwerk so anfangen muſste, dessen Schwere diese Ungleichheit bald aufhob. Stand der Kasten im Wasser, so wurde derselbe mittelst eines Pontons (Fig. 8.) und der darauf befestigten drey Winden nach dem Orte seiner Bestimmung bugsirt, wie dies Fig. 7. zeigt. Da der Kasten auf einem geringen Abstand von den Pfahlreihen *o* und *q* (Fig. 11.) stand, so konnte man ihn in der horizontalen Lage dadurch halten, daſs man zwischen dessen Seitenwänden und den sieben auf der Pfahlrüstung *o p q r* befestigten vorn abgerundeten Hölzern verticale Hölzer setzte, welche eine 6 Zoll breite Rinne hatten, worin jene Hölzer einpaſsten und die also als Zwingen dienten, längs welchen der Kasten sich hinabpreſste; er muſste daher die Reibung und Pressung dieser Coulissen und Hölzer überwinden. Wahrscheinlich hat man von unten in die Rinne daselbst Keile eingeschlagen, wo er sich nicht senken sollte, die man später wegschlug. Stromwärts, d. i. oben an den Seiten und an seiner Spitze, wurde derselbe an die äuſsern Pfahlreihen, vermittelst der in seiner Wand befestigten eisernen Ringe *k* (Fig. 23 und 28) und mit Seilen angehangen. Jetzt fieng man das aus Werkstücken bestehende Mauerwerk, auf dem Boden des Kastens an, wie es in dem Längendurchschnitt Fig. 2. Tab. 127. dargestellt ist, und dessen erste Lage war 14 Zoll hoch. Nachdem dieselbe vollendet war, hatte sich der Kasten ein und vierzig Zoll eingetaucht; im Allgemeinen tauchte er, bey drey Zoll Mauerhöhe, vier Zoll ein. Die äuſsern Steinschichten wurden mit eisernen in siedendes Bley eingelassenen Krampen in einander befestigt, wie Fig. 12 zeigt. Den Mörtel lieſs man durch die Röhre *c*. (Fig. 2.) und die Steine auf einen Rollwagen *w* über die schiefe Fläche *u* hinab. Während das Mauerwerk immer mehr emporstieg, wurde es an den Seiten mit den an die Wand des Kastens anstoſsenden Hölzern gestützt; hatte es

dessen Oberfläche erreicht, so wurden die Queerverbindungen *e f* Fig. 5 und 23, dann die auf den Ecken angebrachten Zimmerungen, von den Seitenwänden und dem Boden abgenommen, und endlich nahm man eine ganze Seitenwand weg. Dies letztere ist mit der auf einem Ponton Fig. 6. und auf dem Pfeiler angebrachten Erdwinden bewerkstelligt worden; ein Manövre, wozu man 247 Arbeiter gebraubte. War auf diese Art (Fig. 7.) eine Seitenwand des Kastens ins Wasser gelassen, so wurde sie mit dem Ponton nach derjenigen Rüstung, worauf der Boden zu einem zweyten Kasten abgebunden war, bugsirt, und auf diesem Boden wurden die Seitenwände wieder aufgerichtet.

Wir wollen jetzt die Construction eines solchen Kastens kennen lernen und uns auf Fig. 23 und 28 Tab. 127. beziehn. 1) Bestand der Umfang seines Bodens oder dessen Rahmen aus den Balken *x c g*, an denen eiserne Ringe *k g* befestigt waren, durch welche Taue gezogen wurden, um die Wände des Kastens fortbringen zu können, wenn sie abgenommen waren. Die sechs Ecken dieses Rahmens bestanden aus zwey Haupttheilen, nämlich aus dem äufsern starken Balken *a* und dem Innern *b*. Da beyde vortretende Spitzen des Kastens gleichschenklichte Triangel bildeten, so wurde dieser Rahmen bey den Ecken *x*, d. i. bey seinen Eckstücken *a b*, zur halben Holzstärke dieser Stücke übereinander geschiftet. Er bestand übrigens bey allen sechs Seiten aus der Schwelle *c*, welche auf dem Eckstück *a* zur halben Holzdicke ruhte. 2) In die in den sechs Eckstücken *a* Fig. 28. gemachten Vertiefungen setzte man die Ständer *h h* lothrecht. 3) Längs diesen Ständern wurden die 8 Zoll breiten vollkommen glatt behobelten Balken *g* aufeinander gelegt, nachdem die stärkere Schwelle *b* durch einen von untenauf eingetriebenen eisernen Nagel mit den Eckstücken *a* des Rahmens verbunden war. 4) Die Fugen dieser Balken, so wie auch die zwischen dem Eckstück *a* und den zu beyden Seiten darauf zur halben Holzstärke ruhenden Schwellen *c* entstandenen Fugen wurden sorgfältig kalfatert. 5) Alle Balken sind (wie es in Figur 23 angedeutet ist) auf den sechs Ecken zur halben Holzstärke aufeinander verbunden. 6) Waren alsdann im Innern des Kastens die lothrechten Ständer *s* und *f* (F. 28.) aufgesetzt, so wurden vor dem letztern drey Zoll starke Planken *m* auf die hohe Kante gelegt, die dem aus der Schwelle *c* und der Plankendecke *d* bestehenden Rost des Pfeilers zum Rahmen dienten. 7) Die Seitenwände des Kastens gegen den Druck des äufsern Wassers zu sichern, verband man die Ständer *h h*, oben, mit den Holben *e f* Fig. 23. 8) das genaue Anschliefsen der äufsern Ständer *h* und der innern *s* an die Balkenwand, wurde mit drey Schrauben, wovon eine bey *h i* Fig. 28. sichtbar ist, bewirkt, die also auch durch die Balkenwand selbst gehen. 9) Die Winkel und Ecken der Wände wurden aber durch folgende Vorrichtung verstärkt und so dicht gemacht, dafs durch dieselben kein Wasser in den Kasten dringen konnte. Es ward nämlich ein nach dem Winkel der Ecke an den zwey Seiten genau zugehauenes Holz *a d* Fig. 3. lothrecht gestellt, und über dasselbe so wie an die zwey Seitenwände

wurden zwey Krummhölzer, wovon wir eins in Fig. 3. mit *b* bezeichet sehen, angebracht; dasselbe ward an den Ständer *a d* mit Holzschrauben *c* angepreſst. In der Queere des Kastens brachte man noch eiserne Stangen *l* Fig. 10. an, die mit einem Ringe *n* endigten; sie sind aber wohl nicht an allen Kästen gebraucht worden, weil ich davon in *Cessarts* Beschreibung nichts angemerkt gefunden habe; auch scheinen sie unnöthig zu seyn, indem der Kasten ohnehin stärker, als nöthig ist, gemacht war. Bestanden sie aber wirklich, so muſsten sie fortgenommen werden, als man mit dem Mauerwerk dieselben beinahe erreicht hatte, und dann hätte man die davon in den Seitenwänden gelassenen Löcher verstopfen müssen, um dem Wasser den Eintritt zu verschlieſsen.

Nachdem das von Cessart zu 21442 Centner berechnete Mauerwerk so in dem Kasten aufgeführt war, wie es der Durchschnitt Fig. 5. darstellt, so wurden die Seitenwände fortgenommen und dann sägte man die Pfahlreihen *r q* und *o p* (Fig. 4.) welche den Kasten umgaben und die denselben, gegen den Strom schützenden Faschinendamm aufgenommen und eingeschlossen hatten, ab; hob die Faschinen heraus und schüttete an ihrer Stelle einen Steindamm, welcher den Pfeiler umgiebt. Doch ich kann jetzt auf die Beschreibung der Brücke von Saumur (§. 309.) und auf die in Tab. 127. gezeichneten Horizontalschnitte der Pfeiler, verweisen.

§. 376. Auf eine einfachere, wenn ich nicht irre, bessere Art, als bey den Brücken von *Westminster* und *Saumur*, sind die Kästen bey der *Blackfriars*-Brücke construirt und angewendet worden. Ihr Erbauer, Herr *Mylne*, hat dabey folgendermaaſsen verfahren. 1) Indem er die Pfeiler auf vier Reihen, 10 Fuſs unter der Ebbe abgeschnittene Grundpfähle (Fig. 21.) ruhen lieſs, so diente der liegende Rost zugleich zum Boden des Kastens und er bestand unten aus dünnen, aber langen Planken, worauf dickere mit *a* in Fig. 20. und 21. bezeichnete (der Breite des Pfeilers nach) befestigt sind. 2) Ueber diese erste Abtheilung des Bodens legte man wieder, der Länge nach, Balken an Balken *n* Fig. 20. 21. und 22. 3) In den Ecken des Kastens wurden, der Queere nach, die Balken *m* gelegt, vor demselben errichtete man lothrecht gestellte Bretter, vor welchen, die Balkenwand *k* gelegt wurde, längs welcher (nach Aussen) wieder lothrecht gestellte Bretter errichtet wurden, die man auf die Balken aufnagelte; eine Bretterwand wie wir in Fig. 25. u. 26. sehn. 4) Um die so eingeschlossene Balkenlage *k* Fig. 22. auch unterhalb dem Prahmen *D* Fig. 21. im senkrechten Stande zu halten, wurden auf jeder Längenwand des Kastens sechs eiserne Schienen *h h*, die unterhalb einen die Sohle des Kastens berührenden Hacken hatten, mit zwey Schrauben *y y* befestigt; an den Queerwänden Fig. 26. brachte man drey solche Schienen *l* an, die aber nicht tief hinabreichten, weil man sie früher wegnahm. 5) Auf die Schwellen *m* Fig. 22. stellte man vor der innern Bretterwand (in jeder Ecke) noch lothrechte Ständer *r*, hielt die zwey gegenüberstehenden mi dem Spannriegel *e*, und der eisernen Stange *c* Fig. 20. auseinander; brachte auch

oberhalb einen Spannriegel *b* an. 6) Da die Erfahrung bey den in Kästen aufgemauerten Pfeilern der Westminster-Brücke gezeigt hatte, dafs das Wasser in dem zwischen die Pfahlreihen gehaltenen Kasten, bey jeder Fluthperiode, eintrat, weil man dessen Wände, der hohen Fluth wegen, den Stand des Kastens zu verändern aber nicht hoch genug machen konnte, ohne dessen Umsturz zu veranlassen, daher bey jeder Ebbe, vor dem Anfang der Arbeit, das darin eingetretene Wasser wieder ausschöpfen mufste; so entschlofs sich der Ingenieur *Mylne*, den Kasten zwischen zwey Pontons *D D* Fig. 21. zu stellen. Sie trugen also den Kasten, welcher mit der Fluth stieg und bey der Ebbe so lange sich senkte, bis seine Schwere den von dem Wasser gegen diese Pontons ausgeübten hydrostatischen Druck übertraf. 7) Bey dieser Maafsregel bedurfte man aber die nach der Breite des Pfeilers angebrachten Wände des Kastens nicht länger, als bis das in demselben aufgeführte Mauerwerk, über die Ebbe emporgestiegen war. *Mylne* theilte also die obere und untere Queerwand des Kastens in zwey Abtheilungen, so dafs das unter der Horizontallinie *z z* Fig. 26 liegende Stück fortgenommen werden konnte, sobald man die drey eisernen Schienen *l l l* losgeschraubt hatte. 8) Den Kasten zwischen den zwey Pontons zu halten und gleichsam einzuzwängen, dazu dienten die an jeder Seitenwand befestigten Backen *g g* Fig. 25 und 26. 9) Um den vom Wasserkörper, der den Kasten umgab, ausgeübten hydrostatischen Druck gegen diese Backen, also auch gegen den Kasten, gleichmäfsig zu vertheilen, war auf die Pontons ein Gerüst *E F G* und vier lothrecht stehende Säulen *K* Fig. 21. angebracht, zwischen denen und den Backen, Keile eingetrieben wurden, die zu diesem Zweck unten spitz ausliefen. 10) Nachdem die Grundpfähle des Pfeilers mit der im II. Bande S. 483. beschriebenen Säge abgeschnitten waren, wurde der Kasten über dieselben und zwischen die Pontons gestellt. 11) War derselbe mit so viel Steinschichten beschwert, dafs die Pontons tief eintauchten, so schlug man die angeführten Keile weg und der Kasten glitt längs den lothrechten Säulen *k* so weit herab, als seine Schwere einen Druck ausübte, oder man konnte ihn auch während der Ebbe so lange auf einen kleinen Abstand von den Pontons stehen lassen, als er sich noch nicht gesenkt hatte; dann aber wurde er bey jeder Fluthperiode zwischen dieselben befestigt, die ihn mit der Fluth hoben, so dafs die Mauerarbeit festgesetzt werden konnte. Man hatte daher nicht nöthig, wie bey der Westminsterbrücke geschehen war, in den Kasten, während der Fluth, das Wasser einzulassen und das bey der Ebbe darin zurückgebliebene auszuschöpfen, wodurch die Arbeit natürlich sehr verzögert wurde. Eine ähnliche Methode hat mein ältester Sohn auf seiner Reise durch Frankreich, bey dem Bau der Pfeiler von der Brücke zu Bordeaux, angewendet gefunden, wo man damit einige Pfeiler aufgeführt, über die Construction der Brücke selbst aber keinen festen Entschlufs gefafst hatte. Uebrigens gewährt dieselbe, gegen die bey der Westminsterbrücke zu London angewendeten, noch den besondern Vortheil, dafs man nicht eine Verände-

rung der Lage des Flußbettes, d. i. eine Anhäufung von Sand über der Stelle, wo der Pfeiler stehen soll, zu befürchten hat, weil der Kasten nicht lange schwimmend erhalten werden darf und durch die unausgesetzte Arbeit das Mauerwerk in kurzer Zeit so weit aufgeführt wird, um den Kasten, während der Ebbe, auf die Grundpfähle oder auf den für ihn geebneten Boden aufzubringen. 12) In dem Längen-Durchschnitt des prismatischen Kastens Fig. 22. sehen wir den Scheerentackel *o*, womit (durch einen Flaschenzug) die Steine herabgelassen wurden; die Winde *q*, mit welcher man den Mörtel hinabließs, ferner den Pferdegöpel *t*, welcher das zum Auffördern des in den Kasten eingedrungenen Wassers dienende Schaufelwerk in Bewegung setzte; die Treppe *s*, um darauf in den Kasten hinabzusteigen, und den Boden *d*, worauf der Pferdegöpel steht.

§. 377. In so fern die Aufführung der Brückenpfeiler in wasserdichten Kästen die kostbaren Fangdämme und die noch kostbarere Ausleerung des Wassers aus der Baugrube mit Schöpfmaschinen vollkommen ersetzt: so verdient sie alle erdenkliche Aufmerksamkeit und zur Anwendung empfohlen zu werden. Diese Gründungsmethode wird demnach daselbst nothwendig, wo man die Grundpfähle tiefer als vier bis fünf Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande abzusägen genöthigt ist, folglich das Gemäuer tiefer als vier Schuh senken mufs; ferner bey Fundationen, wo man den niedrigsten Wasserstand nicht abwarten kann, und bey solchen Flüssen, welche sehr oft steigen und fallen, wo also die Arbeit öfters unterbrochen werden mufs, und wodurch weit gröfsere Summen verloren gehen, als die Errichtung der Kästen kostet, und endlich bey Flüssen, die öfters einen hohen Fluthstrom führen, wo also jede Fluth die Arbeiten unterbricht. Diese Methode kann man die *Fundation in schwimmenden Kästen* nennen.

§. 378. Da nun bey der Aufführung des rechtseitigen oder ersten Pfeilers der Münchner Brücke (Tab. 133.) die öftern Anschwellungen der Isar, im Monat Juli, gewöhnlich eintreten und Hindernifse anderer Art nicht zuliefsen, dafs beym niedrigsten Wasserstande an den Fundationen gearbeitet werden konnte und die Aufführung des Mauerwerks erst in diesem Monat begonnen werden mufste; so beschlofs ich, bey diesem Brückenpfeiler, die untern Steinlagen in einen Kasten legen zu lassen, dessen Einrichtung ich meinem ältesten Sohn, als dem den Bau dirigirenden Ingenieur, überliefs. Die Construction war folgende: 1) Anstatt der bisher bey allen solchen Kästen zu den Seitenwänden gebrauchten Balkenlagen, wurden vier Zoll dicke Tannene Dielen *a a* (Fig. 14, 16 u., 17. Tab. 133.) auf die hohe Kante, vermittelst der Säulen *b b*, lothrecht übereinander gelegt und mit Nägel *d d* auf die Säulen *b b* aufgenagelt. Die aufeinander liegenden zwey Dielen wurden dergestalt an ihren Kanten abgestofsen, dafs von Aussen ein Zwischenraum von 6 Linien blieb, im Innern aber beyde Flächen beynahe zusammenstiefsen, und dieser Zwischenraum wurde mit Moos kalfatert; darüber ward ein dünnes Holz gelegt, welches mit kleinen eisernen Schiff-

krampen o befestiget wurde. 3) Die Säulen *b* waren unten vermittelst eiserner Winkelhaken *e* Fig. 16., die nach Legung der Steine losgemacht werden, um die Seitenwände des Kastens fortnehmen zu können, befestigt. 4) Gegen die Rostplanken *f f* und die Rostschwelle *g* ist die Grundschwelle *h* der Kastenwände befestigt. 5) Damit diese letztern vom Strom nicht eingedrückt werden können, hat man von einer Seitenwand zur gegenüberstehenden, Zugbänder *i i* (Fig. 14. 15 und 17.) angebracht und die Spitzen des Kastens vermittelst der in Fig. 15. angegebenen Zimmerverbindung *k k* vollkommen gegen den Andrang der Hochgewässer sicher gestellt. 6) So wie die Fugen der Seitenwände mit Moos ausgestopft und kalfatert wurden, hat man auch die Fugen des Bodens dicht gemacht. 7) Alles übrige Holz, welches nicht zum Pfeilerrost unter den Steinen verbleibt, kann wieder benutzt werden; der Kenner wird daher diese Construction als äufserst zweckmäfsig erkennen und sie zur Nachahmung empfehlenswerth finden. Bey dem ganzen Kasten verursacht der Arbeitslohn, das Moos und Eisenwerk, so wie das nicht ferner brauchbare Holz, höchstens eine Ausgabe von zwey Hundert Gulden; am 11. July ist dieser Kasten versenkt worden.

§. 379. Wiewohl die Methoden, in wasserdichten Kästen zu mauern, allemal vor der mit Fangdämmen den Vorzug, besonders da, wo der grofsen Wassertiefe oder des felsigen Grundes und seiner Spaltungen wegen, die Fangdämme niemals das Wasser abhalten können, verdienen, so ist doch das untere Gemäuer der Brückenpfeiler in einem Kasten nur daselbst ohne einen Pfahl- und Schwellrost aufzuführen, wenn ein solcher natürlicher Grund, der allen Angriffen des Stromes und der Eismassen zu widerstehen fähig ist, sich vorfindet, dieser auch vollkommen für den Boden des Kastens geebnet ist und keine bedeutende Strömung statt findet; wo man also wegen künftiger Unterwaschung sicher seyn kann, nicht aber wegen der Zusammenpressung des Grundes, welche oft nur allmählig, nach verflossenem langen Zeitraum, eintritt. Indessen sind zwey der gröfsten Werke unserer Zeit in einem Kasten ohne Pfählgrund aufgeführt worden, nämlich die im II. Bande beschriebene Schiffsdocke bey Toulon und die Westminsterbrücke zu London; aber bey der letztern wich der Grund auch unter einem Pfeiler, so dafs zwey Bögen abgetragen und von Neuem aufgeführt werden mufsten; zu dem ersten Werke wurde der Grund mit Einschüttung von Steinbrocken und Mörtel sorgfältig zubereitet.

§. 380. Wenn nun die gemachten Erfahrungen berücksichtigt werden, so ist es hinreichend, das Gemäuer eines Brückenpfeilers zwey bis drey Schuch unter dem niedrigsten Wasserstande zu senken, im Fall der Pfeiler nicht höher als zwölf Schuh ist, denn je mehr diese Höhe zunimmt, desto mehr Masse mufs man der Umgebung des Pfeilers und seinem Körper, durch Werkstücklagen, zu geben suchen. Bey jedem Schuh vermehrter Höhe lege man daher die Fundation drey Zoll tiefer, so dafs sie bey einem zwanzig Schuh hohen Pfeiler fünf Schuh tief unter dem niedrigsten Wasser zu liegen komme, und lasse die Umgebung des Pfeilers bis zu diesem Was-

serstande oder zwölf Zoll darunter, heraufgehen. Auf diese Weise wird man die Stabilität des Pfeilers sicher bewirken.

Was die Senkung der massiven Widerlager betrifft, so wird man sich mit einem Schuh unter dem niedrigsten Wasserstande begnügen, im Fall die Richtung des Flusses regulirt und das Widerlager einen soliden Vorfuſs erhalten hat, so daſs seine Grundpfähle nicht unterspühlt werden können, welches vorzüglich mit einem Pfahl- und Schwellroste und mit Steinschüttungen, die in groſsen Tiefen auf einen Faschinenbau gelegt werden mögen, bewirkt werden kann. Auch wird bey reissenden Flüssen die Vorsicht nothwendig, alle Böschungen der Umgebung des Pfeilers aus einem Schwellroste bestehen zu lassen und diesen mit Steinwurf zu füllen, worauf dann Planken zu liegen kommen. Diesen Rost verbinde man aber mit der Oberfläche des Vorpfeilers selbst. Auf diese Weise kann das in den Rost eingesetzte Steinpflaster nicht abrollen und in die Tiefe sinken. Müssen die Köpfe der Grundpfähle in der Nähe des Erdreichs abgeschnitten werden, so wende man das zur Erhaltung des Holzes bereits von den Römern mit Erfolg gebrauchte Mittel an: man werfe rund um die Pfähle gut ausgebrannte Kohlen und bestreue den Schwellrost so wie die Deckplanken mit Kohlenstaub. Bey den in der Nähe des Oceans zu machenden Pfahlfundirungen muſs der Ingenier die im I. Bande S. 652. angeführten Mittel gegen den Pfahlwurm gebrauchen, welche bey tiefen Fundirungen nicht nothwendig sind, weil dieser Bohrwurm selten unter der Ebbe dem Holze Schaden zufügt.

§. 381. Wir haben jetzt noch die *Gründung auf felsigem Boden* zu erwähnen; drey Fälle treten dabey ein. Es kann nämlich 1) der Felsen beym niedrigen Wasserstande noch bearbeitet werden, alsdann verfahre man nach der im II. Bande bey der Gründung des Leuchthurms von Edistone S. 198 bis 199. beschriebenen Methode, wornach stufenförmige Vertiefungen in diesen Felsen gehauen wurden, und lege auf diesen die erste Steinschichte. Der zweyte Fall tritt ein, wenn der Felsen fünf Schuh unter dem niedrigsten Wasser liegt und eine ziemliche horizontale Fläche bildet; alsdann bohre man Löcher hinein, treibe in jedes Loch eine drey Zoll starke eiserne Stange, welche unten zwey Federn hat, zwischen denen ein Keil gesteckt wird. Dieser Keil treibt die Federn an den Umfang des Bohrloches fest an; die Stange selbst gehe zwey Schuh in jeden auf den Felsen zu legenden Grundstein hinauf, worin ein Loch eingebohrt seyn muſs. Es versteht sich, daſs man zu diesem Zweck so groſse Steine als möglich anwenden müsse! Der dritte Fall findet statt, wenn der, eine unregelmäſsige Oberfläche bildende Felsen sehr tief unter dem niedrigsten Wasserstande liegt, so daſs weder der Bau in Kästen noch mit Fangedämmen bis zum Fluſsbett hinab angewendet werden kann, und die vollständige Ableitung des Flusses, während des Brückenbaues, nicht ausführbar ist; bey dieser Voraussetzung bleibt nichts übrig, als einen losen Steinbau aufzuführen, den Fluſs eine Zeit lang etwas abzuleiten oder auch auf den horizontal zu machenden Steinwurf zuerst einen Schwellrost,

dann die erste Steinschichte zu legen. Hat man dabey das Gemäuer tief ins Wasser zu versenken, so kann man sich des schwimmenden Kastens bedienen, und dessen aus eichenen Planken zu bildenden Boden, zum Rost bestimmen.

Die Gründung auf einen, eine ungleiche Oberfläche bildenden, tief liegenden Felsen kann aber auch ohne den schwimmenden Kasten auf folgende Weise gemacht werden: 1) Nachdem die Tiefen genau gemessen und nach einem grofsen Maafsstabe die Beschaffenheit des Felsens aufgetragen, oder besser modellirt ist, wird von einem Gerüste herab eine hölzerne Röhre in das Wasser gesenkt und durch diese werden Kiesel und Cementmörtel in die tiefen Stellen eingeschüttet, 2) Dann versenke man gröfsere Steine und aus frischgelöschtem Kalk gemachten Mörtel*). 3) Auf diese Weise wird der lose Steinbau fortgesetzt und immer gröfsere Steine gebraucht. Ist derselbe 6 bis 8 Schuh unter der Oberfläche des Wassers dergestalt emporgestiegen, dafs auf jeden Schuh Höhe drey Schuh Böfchung kommen, so wird die Tiefe abermals auf fünf Schuh Abstand gemessen, um die Lage der Steine genau zu erfahren. Wenn einige Theile der Oberfläche dieser Gründung über der Horizontalfläche emporstehen, so bediene man sich einer Rammmaschine mit einem Laufer und lasse den Rammklotz durch eine hinabgelassene Röhre gehen, bezeichne an dem Laufer, wie weit die hervorstehenden Theile abwärts und seitwärts getrieben werden müssen. 4) Ist dann der Grund des Pfeilers bis zur Horizontalfläche vier bis fünf Schuh unter dem Wasser wagerecht geebnet, dann wird, wenn dieser Gründungskörper vollkommen erhärtet ist, ein Schwellrost, vermittelst unter dem Gerüste gesetzter Schraubgeschirre, oder an seinen Enden und unter Gerüsten angebrachten Hebel, heruntergedrückt. 5) Nach Ausfüllung seiner Felder mit Cementmörtel und Kiesel werden die Rostplanken nach der im II. Bande S. 635. darauf beschriebenen Methode darauf genagelt. 6) Jetzt legt man auf diesen Rost grofse Werkstücke und nimmt dann die Schraubgeschirre oder Hebel wieder weg.

*) Bey allen solchen Steinschüttungen mufs stets die Regel befolgt werden, dafs man zwischen den eingeworfenen Steinen wieder Kiesel oder Ziegelbrocken-Cement, oder Betonmörtel und frischgelöschten Kalk einschüttet, die ganze Masse aber einige Jahre ruhen, also sich zusammendrükken und verhärten läfst, bevor darauf ein Schwellrost versenkt wird, und dafs man dieselbe mit grofsen vom Strom nicht bewegbaren Steinblöcken umgebe. Sie können auch aus Ziegelbrocken und Cementmörtel bewerkstelligt werden, selbst über einen weichen Boden bey grofser Tiefe und kleinen Brückenbögen sind dieselben anwendbar, wenn man sie nur einige Jahre ruhen läfst. So hat man z. B. zu *Marsal* in *Lothringen* die Ziegelbrocken über einen weichen Boden geschüttet und darauf Brücken und andere Gebäude gegründet. Auch die Gründung der Brücke von Moulins verdient hier berücksichtigt zu werden. Nach der Erfahrung sollte aber eine solche Steinschüttung wenigstens acht Fufs dick und bereits erhärtet seyn, ehe man den Rost darauf legt und den Pfeiler aufführt.

Man kann endlich auch ein Gemengsel von kleinen und grofsen Steinen, so wie von Cementmörtel, in einen Kasten werfen, und diesen vermittelst Maschinen auf den Grund hinablassen. II. Band S. 115. Bey der gröfsten Brücke in Europa, ich meine die von St.-Esprit über die Rhône, sind die Pfeiler auf einen Steinwurf erbaut, man hat aber leider über die dabey angewendete Methode und über den Rost selbst keine Nachrichten.

Ist nun der Pfeiler aufgeführt, so wird seine Umgebung abermals mit groſsen Steinblöcken bedeckt; und dieses geschieht noch jetzt, nach sieben Jahrhunderten, bey der Brücke von Saint-Esprit.

§. 382. *Nach den Fundirungen ist vorzüglich die Bestimmung der Weite oder Oeffnung von den Brückenbögen* wichtig, und ich nenne *groſse Bögen* diejenigen, deren Weite mehr als achtzig Schuh beträgt, *mittlere* die vierzig bis achtzig Schuh, und *kleine Bögen*, die unter vierzig Schuh weit sind. Sie hängt von mehrern Rücksichten ab: es frägt sich 1) ob man die bedeutenden Kosten, welche die beträchtlichen Fundirungen, so wie die groſsen Lehrgerüste erfordernden groſsen Bögen verursachen, anwenden will? 2) Ob der Strom reissend ist, hoch anschwellt, einen starken Eisgang und viel Treibholz oder langes Bauholz und Baumstämme führt, welches alles die Anlage weiter Bögen rathsam macht; 3) ob groſse Schiffe unter der Brücke durchfahren müssen; 4) die Ufer, Gebäude und Gassen, eine hohe Lage des Brückenweges zulassen; 5) ob die Brücke in der Nähe einer groſsen Stadt, wo die Verschönerung weite Bögen in Anspruch nimmt, aufgeführt wird, und 6) ob man hinreichend *feste* Steine erhalten kann? Werden diese Fragen bejahend beantwortet: so muſs der Ingenieur *groſse Bögen* wählen, und ich würde ohne Bedenken bis zu einer Weite von zweyhundert Schuh gehen, weil solche Bögen noch, ohne daſs die Lehrgerüste mit gemauerten Pfeilern zu unterstützen genöthigt sind, ausgeführt werden können. Ihre Gewölbschenkel mache man oben hohl, um den Druck, welchen sie, ihrer groſsen Masse wegen, auf den schwächsten Theil des Bogens ausüben, zu vermindern. Bis jetzt hat indessen die Brückenbaukunde keine gröſsere gewölbte Bögen als zu 167½ Fuſs aufzuweisen, und diese Weite hat die aus einem Bogen in Frankreich bestehende Brücke von Vieille-Brioude über den Allier-Fluſs.

§. 383. Einige Leser werden sich wundern: daſs ich bey den obigen Fragen nicht diejenige hinzugefügt habe: ob man zu den weiten Bögen auch hinreichend groſse Werkstücke haben könne? Ich glaube sie aber nicht thun zu dürfen, weil uns die Erfahrung beweiſst: daſs man aus Ziegel groſse Bögen erbaut hat; so besteht daraus der über den Taaf-Fluſs in England ausgeführte Bogen von hundert und vierzig Schuh Weite. Auch die Brücken zu Toulouse und die von Guillottière und Avignon über die Rhône sind, ausser den Kopfbögen, aus Ziegel gewölbt. Die Brücke von Cremera ist von den Römern daraus erbauet worden und hat beynahe zwey Jahrtausende der Witterung Trotz geboten. Sind die Ziegel gut gebrannt, so geben sie weder an Festigkeit noch Dauer den Werkstücken nach, welches die gewölbte Kuppel des Phantheons zu Rom, die Reste der alten Stadtmauern zu Babylon und Rom, so wie einige Egyptische Pyramiden, viele Gebäude des Alterthums, endlich die im X., XI. und XII. Jahrhundert erbauten Kirchen beweisen. Selbst in *Rom* wurden, wie *Vitruv* erwähnt, die aus Ziegel erbauten Gebäude den von Werkstücken gemachten, vorgezogen. Solche Ziegelsteine aber, die dem Wetter ausgesetzt, verfrieren, sollte man

nicht wählen, und in unserm Klima, die Stirnbögen stets aus festen Werkstücken bestehen lassen. Leider bekümmern sich aber wenige Staatsverwaltungen unserer Zeit, um die Ziegeleyen und täglich sehen wir Ziegel, die aus dem Ofen genommen, schon zu Brocken und Staub zerfallen; selbst zu ihren Gebäuden verwenden sie, während man die gröfsten vor sechshundert Jahren aus den befsten Ziegeln aufgeführten Werke vor sich hat, die elendesten Ziegel, und eine Bauverordnung, worin die Güte der künstlichen Steine, so wie die Zeit und Behandlung ihres Brennens vorgeschrieben seyn sollte, ist in den meisten Ländern eine unbekannte Sache! Spricht und schreibt der Ingenieur davon, so predigt er tauben Ohren. Ja, die Gleichgültigkeit, womit manche Regierung solche wichtige Gegenstände behandelt, ist unerklärbar!

§. 384. Wenn nun gleich für langsam fliefsende Gewässer sich vorzüglich kleine Bögen (unter vierzig Fufs Oeffnung) schicken, so sollte man sie doch nicht wählen, sobald mehr als ein Bogen nothwendig ist: denn mehrere Pfeiler verursachen gröfsere Ausgaben, als weitere Bögen; sie geben der Brücke ein kleinliches Ansehen und dienen der Regierung zum Vorwurf, wie denn dieser Fall bey der vor Kurzem bey St. Gallen in der Schweiz erbauten Brücke eingetreten ist, wo man statt des hohen kostbaren Pfeilers und der zwey nur siebenzig Schuh weiten Bögen, einen grofsen Bogen hätte wählen mögen, zumal da ich dies der Regierung zu St. Gallen vorgeschlagen hatte, ohne die Kosten zu vermehren. In so fern also grofse steinerne Brücken wahre National-Monumente sind: so wähle man ohne Noth niemals kleine noch mittlere Bögen.

Auch zwey Bögen sollten nicht angelegt werden, weil *a*) der Pfeiler in der Stromrinne, die sich bey regulairen Flufsbezirken in der Mitte der Bahn befindet, zu stehen kömmt, welcher alsdann den Abflufs des Wassers stört, den Stofs der gröfsten Eisschollen und des Treibholzes empfängt und *b*) eine aus zwey Bögen bestehende Brücke niemal so schön als ein Bogen oder drey Bögen aussieht. Also nur da wo drey Bögen zu klein und einer, der Auffahrten wegen, zu hoch also auch zu grofs wird, wie bey der Brücke von *Freysingen* (Tab. 109.) und der Brücke von *Rosoi* (Tab. 124.) der Fall war, entschliefse man sich zu zwey Bögen. Es hat demnach die Lage der Ufer einen wesentlichen Einflufs auf die anzunehmende Anzahl der Brückenbögen! So ist wahrscheinlich die Rücksicht, dafs bey der Brücke Fabricius zu Rom (Tab. 125.) ein Bogen dem Erbauer zu grofs und drey zu klein geschienen, und dafs ein Bogen für die Lage des Ufers zu hoch hätte werden müssen, die Veranlassung zur Wahl zweyer Bögen gewesen. Dies einzige Beyspiel aus dem Alterthume wird ohne Zweifel für die, die blindlings alles loben, was die Römer bauten, hinreichend seyn, um die Wahl zweyer Bögen gerechtfertigt zu finden, wenn auch das Local nicht dazu nöthigt. Werden indessen die in diesem Werke gelieferten Zeichnungen der Brücken mit einander verglichen, so wird man gestehn müssen, dafs eine Brücke von 3 Bögen schöner, als eine aus 5 Bögen bestehende, ist, weil

diese zu lang gegen die Höhe wird, daher mehr gedruckt, als jene, erscheint. Um sich von dieser Behauptung durchs Anschauen zu überzeugen, bedecke man von der Brücke von Neuilly zwey Bögen, oder man vergleiche die Brücken von Mühldorf Tab. 124. und die bey Augsburg Tab. 110. mit der Brücke von Oettingen Tab. 117.

Wiewohl ein hundert siebenzig Schuh weite Bögen (Fig. 1. Tab. 133.) zu unsern Flüssen hinreichend weit seyn werden, so können, beym Ueberwölben grofser Thäler, solche Fälle eintreten, wo man gröfsere *Bögen* anzuwenden hat, um den Gebirgswässern einen freyen Abflufs zu lassen, und wo man ihrer Wuth und den mitgeführten Steinmassen keine Pfeiler entgegenzusetzen sich getraut. Perronet hat daher in seinem „Mémoire sur la récherche des moyens que l'on pourroit employer, pour construire de grandes arches de pierre de deux cents, trois cents, jusqu'à cinq cents pieds d'ouverture, qui seroient destinées à franchir des profondes vallées, bordées de rochers escarpés. 1793" einen vollen Halbkreis von 500 Fufs Weite vorgeschlagen. Zur Tragung des Lehrgerüstes sind vier, unten 20 — 22' dicke steinerne Pfeiler gewählt; in jedem Schenkel des Gewölbes machte Perronet drey Elyptische 40 bis 70 Schuh weite Oeffnungen, welche nothwendig gewesen wären, weil die Last vollkommen ausgemauerter Gewölbschenkel, den sieben Schuh hohen Schlufsstein aufwärts heben würde, also dasjenige erfolgen müfste, was bey der Brücke über den Taaf in England geschah: nämlich der Einsturz des Gewölbes. Betrachtet man indessen diesen Perronetschen Vorschlag näher: so wird von der Ausführung, die dazu erforderliche Summe und die lange Bauzeit, abschrecken. Man wird daher in solchen Fällen geneigt seyn: meine Construction der hölzernen und eisernen Bögen anzuwenden, und ich beziehe mich auf den zur Erbauung einer Brücke von 600 Schuh und auf die zur eisernen Brücke von 306 Fufs Bogenweite, gemachten Vorschläge.

§. 385. *Bey Bestimmung der Weite* eines Brücken-Bogens mufs noch die Wahl der Bogenlinie, ob man nämlich Halbkreise, Elypsen, aus mehrern Mittelpuncten beschriebene Bögen (Korbbögen) oder Kreisstücke anwenden will, und in Hinsicht der Bogenhöhe mufs die hohe oder niedrige Lage der nahen Gebäude und Gassen beachtet werden. Diese und die oben erwähnten Rücksichten wird der Ingenieur mit Ueberlegung combiniren, bevor er sich zur Bestimmung der Weite der Brückenbögen entschliefst.

Man kann die Bögen gleichweit, den mittlern Bogen gröfser und die dem Ufer zunächst liegenden Bögen kleiner machen, wie dies unter andern bey der Brücke von St. Esprit, Westminster und Blackfriars geschehen ist, oder man wird den einen Endebogen, wie bey der Brücke zu Verona, gröfser als die übrigen machen. Die letztere Methode ist nur dadurch zu entschuldigen, dafs die Brücke in ein festes Schlofs führt, folglich die Brückenstrafse steigen mufs, um vom Geschütz bestrichen zu werden. Die zweyte Methode ist durch die niedrige Lage der nahen Gebäude vollkommen gerechtfertigt: denn nie wird eine Brücke, bey welcher die Weiten und Höhen

ihrer Bögen bedeutend untereinander an Gröſse abweichen, ästhetisch schön seyn. Indessen gewinnt man bey den zwey letzten Fällen einen Abhang für den Brückenweg und derselbe ist für das Zugvieh noch bequem, wenn er sich zur Länge wie 1 : 60 verhält, so daſs 14, 4 Linien Fall auf die Klafter kommen, zwey Zoll Fall auf die Klafter, wie bey der Regensburger-Brücke, ist, während des Glatteises, für das Zugvieh, schon unbequem, und man kann auf 360 Schuh langen Brücken den Brückenweg nicht mehr von einem Ende zum andern übersehen. Da aber viele Brückengewölbe von dem Regen- und Schneewasser gelitten haben, wo dasselbe keinen Abfall von der Fahrstraſse hat, so ist es, bey niedrigen Ufern nothwendig, die Höhe der verschiedenen Bögen, gegen die Mitte zu, um 6 bis 18 Zoll zu vermehren, wie ich (des Locals wegen) bey den groſsen Brücken von Rosenheim (Tab. 122.), Mühldorf (Tab. 124.) und Bogenhausen gethan habe, wodurch die Ansicht nichts verloren hat, weil die Höhe des mittlern Bogens die der Seitenbögen nur 18 Zoll übertrifft. Muſs aber dem Brückenwege, um des Abfalls vom Wassers willen, eine Neigung gegeben werden, so lege man dennoch die Trottoirs horizontal und bringe bey ihrem Auftritt Stuffen an, wie ich bey der Brücke von München gethan habe, welches dem obern Theil der Brücke ein schönes Ansehen giebt, horizontal stehende Geländer und Bekränzungen der Seiten, zuläſst; welches zur Verschönerung der Seitenansicht wesentlich beyträgt.

§. 386. In hydrometrischer Hinsicht werde *die weite sämmtlicher Bögen* einer Brücke, nach den in einer solchen geradelinigten und parallelufrigten Bahn, worin der Strom, ohne Nachtheil für die Schifffahrt, flieſst, und wo die Ufer von den Hochgewässern nicht überstiegen werden, gemessenen Stromsectionen bestimmt. Die mittlere Breite solcher Stromsection finde nämlich zwischen den zwey Widerlagern und dem Fuſs der Umgebungen der Pfeiler, statt, weil diese immer noch, in ihrer Nähe, einen Aufstau oder eine Retardation des Stromes, selbst bey weiten Bögen, hervorbringen. Diese Weite werde gewählt: wenn das Fluſsbett aus Material besteht, welches bey einer in der regulären Fluſsbahn statt findenden Geschwindigkeit dergestalt fortgeschwemmt werden kann, daſs die mittlere Tiefe des Stromprofils, vor der Brücke, der mittlern Tiefe in dem regulären Fluſsbezirk, ziemlich gleich sey; oder wenn in der vor der Brücke gemachten Stromsection, bereits eine gleich oder noch besser eine gröſsere mittlere Tiefe, als in der obern regulären Fluſsbahn, sich vorfindet. Tritt keiner von diesen Fällen ein, so mache man die gesammten Brückenbögen weiter und zwar nach dem Verhältniſs, in welches die mittleren Tiefen und Geschwindigkeiten bey den Stromsectionen stehen. Ich verweise deſswegen auf dasjenige, was hierüber im Iten Bande Seite 31 und 214 bis 216 vorgetragen ist. Dabey macht indessen der besondere Lokalfall eine Ausnahme: wenn die Brücke zum Durchlassen derjenigen Hochgewässer, welche über die oberhalb der Brücke liegenden Wehre stürzen, dienen soll. Alsdann muſs man auf den Stand dieser

Hochgewässer und auf die vorhandenen Profilweiten, in der Nähe der Brücke, Rücksicht nehmen. Man sieht übrigens auch hieraus: daſs der vollendete Brückenbaumeister in der Fluſsbaukunde bewandert seyn muſs und daſs eine Abtheilung der Wasserbaukunst mit den andern Abtheilungen in der genauesten Beziehung steht.

Bey der Bestimmung der Bogenweiten frägt es sich noch, wie gesagt: ob die Hochgewässer groſse Eismassen oder lange Baumstämme oder wohl gar Bäume mit ihren Wurzeln, unter die Brücke durchführen? In diesen Fällen sollten also die Bögen, selbst über kleine Flüsse, nicht enger denn funfzig Schuh seyn, wenn gleich die hydrotechnischen Rücksichten, diese Weite, da wo der Wildbach mit einem Bogen überspannt werden kann, nicht durchaus nothwendig machen. Durch solche Oeffnung können nun die gröſsten Baumstämme durchgehen, vorzüglich, wenn man denselben, von der Brücke aus, mit Stangen nachhilft, so daſs sie, der Länge nach, in den Stromstrich zu liegen kommen. Auf diese Weise werden also hinreichend weite Stromprofile bey den kleinen Brücken entstehen, so daſs ober derselben eine Verminderung der Geschwindigkeit des Stromes nicht bewirkt wird, welche eine Folge von den meisten Brücken ist. Bisher wurden nämlich die Flüsse mit sehr *vielen* kleinen und mittlern Bögen überspannt, woraus, unterhalb der Brücke, Wirbel, Inseln und Sandbänke, oberhalb aber Aufstauungen des Stromes und der Eismassen, daher verderbliche Ueberschwemmungen und für die Schifffahrt Cascaden unter der Brücke, entstanden. Man sehe übrigens Tab. 132. den Grundriſs der Regensburger-Brücke, wo solche Wirbel und Widerströme angegeben sind.

§. 387. Auch die *Stellung der Anfänge des Bogens* ist für den Brückenbau sehr wichtig. Kann der Ingenieur, selbst bey Anwendung eines solchen Kreisstückes, dessen Höhe sich zur Sehne wie 1 : 8 verhält *) und der Anzahl der Bögen (wegen der Lage der Aufffahrten) diese Anfänge nicht wie es seyn sollte, dem *höchsten Wasser gleich oder demselben nahe legen*, so lasse man die gesammte, nach der oben angegebenen Methode gefundenen Weite zwischen den zwey Puncten, worin das Hochwasser die Bögen berührt, statt finden; im Fall die Umgebungen der Pfeiler nicht so weit in die Fluſsbahn hineingehen, als diese zwey Puncte, über dieselbe, sich nähern. Tritt der entgegengesetzte Umstand ein, daſs nämlich jene sich mehr als diese nähern: so nehme man die Weite der Stromsection zwischen den Umgebungen der Pfeiler an. Bey allen Bögen, deren Anfänge dem höchsten Wasserstande nicht gleich liegen, bringe man aber Ausschnitte an der untern Seite der Stirnbögen (Kuhhörner) an, weil dieselben den Durchgang des Treibholzes und Eises befördern, so wie das Abspringen der Gewölbsteine in den Stirnbögen, verhindern, indem sie dem Strom nicht scharfe Kanten darbieten; da wo die Bögen über dem höch-

*) Ich setze nämlich fest: daſs man zu steinernen Brücken nicht flächere Kreisstücke wählen sollte, als wobey sich die gröſste Ordinate oder Bögenhöhe zur Oeffnung wie 1 : 8 verhält. Die Gründe zu dieser Bestimmung werden unten angeführt.

sten Wasser gleich anheben, sind die Ausschnitte nicht anzuwenden, weil sie alsdann keinen reellen Zweck haben. Indessen liegen bey wenig Brücken die Anfänge der Bögen zwischen dem höchsten und niedrigsten Wasserstande; bey den meisten vielmehr diesem näher als jenem und nur bey einigen, dem erstern gleich; zu diesen gehören fast allein die Eintrachtsbrücke zu Paris, die Brücke von Nemours, Maixence und die Brücke der Goldschmiede zu Florenz.

Der Umstand: dafs zwischen dem Schlufsstein und dem Hochgewässer ein zu geringer Raum, die Ursache zur Verstopfung des Brücken-Bogens, durch Eisschollen und Bäumen mit ihren Wurzeln, werden kann, erheischt eine bestimmte Regel: über die Lage der Anfänge und Höhe der Bögen. Ehe der Ingenieur diese Anfänge über den niedrigsten Wasserstand festsetzt, combinire er die Profilbreite des Flusses, die Lage der Auffahrten, die Anzahl der Bögen und ihre Construction, folglich auch ihre Höhe, und suche sie dem höchsten Wasserstande so nahe als möglich zu bringen. Hierdurch wird das Gewölbe den Beschädigungen entzogen und dem Strom ein ungestörter Abflufs gestattet; fällt nämlich der Strom an einen Theil des Gewölbes an, so können die Kanten der Stirnbögen vom Eise und Treibholz abgestofsen werden oder für die Pfeiler schädliche Wirbel und eine von verderblichen Folgen begleitete Anschwellung des Stromes oder wohl gar Eisstopfungen und Ueberschwemmungen entstehen. Nur wenn es, nach allen Combinationen, und selbst bey der Wahl eines flachen Kreisstückes, unmöglich ist: die Anfänge der Bögen, dem höchsten Wasserstande gleich zu legen, entschliefse man sich zu ihrer Erniedrigung unter demselben. Alsdann sollte aber der leer bleibende Raum des Bogens, bey schiffbahren und grofsen Eis und Treibholz führenden Flüssen, niemals eine geringere Höhe (unter dem Schlufsstein) als fünf bis zehn Fufs, je nachdem der Strom von Wurzeln und Bäumen oder sehr dicken Eisschollen frey bleibt oder deren viele empfängt, betragen, damit das Teibholz und die sich gewöhnlich auf einander schiebenden Eisschollen durch die Bögen gehen können. Dieser Raum beträgt bey der Brücke von Jena zu Paris fünf Schuh; zu Neuilly sieben *); bey den Brücken zu Dresden, Moulins, Regensburg und mehrern andern sind die Bögen vom Hochwasser ganz gefüllt, und selbst ihr Fahrweg ist davon überstiegen worden. Dies ist allerdings ein grofser Fehler bey der Anlage, welcher entweder von den engen Bögen und den zu grofsen Pfeilern, von einem zu hohen Sturzbette oder von den zu grofsen Umgebungen der Brückenpfeiler entsteht und den man hoffentlich in der Zukunft vermeiden wird! Einige Schriftsteller haben dem bey hohen Wasserständen leer bleibenden Raum des Bogens, eine Höhe von sechs Schuh, andere z. B. Gauthey in seinem Traité des ponts p. 204.

*) An den Brücken der Seine und Loire ist bey Hochgewässern ein unter dem Schlufsstein bleibender Raum von sechs Schuh grofs genug, weil diese Flüsse nicht einen bedeutenden Eisgang führen und ihre Geschwindigkeit nicht beträchtlich ist, auch nicht ganze Bäume mit ihren Wurzeln fortrollen, welches alle Flüsse in Baiern (mit Ausnahme der Donau) während ihren Anschwellungen thun.

drey Fuſs zu geben angerathen. Aber die Erfahrung spricht für seine Vergröſserung und man sollte, im Fall die Bögen nicht hoch genug gestellt werden können lieber die Pfeiler höher machen, und flache Kreisbögen, deren Höhe $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{8}$ der Oeffnung beträgt, als Korbbögen oder Halbkreise wählen. Meine oben gegebene Regel wird aber alle Eisstopfungen und Zulegung der Bögen mit Bäumen verhindern, wenn die Bögen eine hinreichende Weite haben. Bey schiffbahren Flüssen hat auch die Art der im Gebrauche seyenden Schiffe, einen Einfluſs auf die Höhe der Brückenbögen. Man muſs die Flüsse unter der Brücke bey demjenigen Wasserstande, bey welchen die Schifffahrt, der Ziehwege wegen, noch statt finden kann, stets befahren können und nie sollte eine Brücke der Schifffahrt ein Hinderniſs seyn. Gleichwohl legen selten Regierungen hierauf einen Werth; die Städte, Gemeinden und selbst die Baumeister des Gouvernements, bauen Brücken, ohne diesen wichtigen Umstand zu berücksichtigen, und was die wasserbauwissenschaftlichen Beamte darüber einberichten, macht bey einer kenntniſslosen Obern-Behörde keinen Eindruck! Dieser für die Schiff- und Floſsfahrt wichtige Gegenstand gehört auch zur Fluſsbau-Polizey, worin ich ihn Seite 215 mit aufgenommen habe; die aber selten berücksichtigt wird. Die Kritiker sollten daher von allen Localumständen unterrichtet seyn, bevor sie ein Urtheil über die bestehenden Werke der Art aussprechen.

§. 388. Bey dem Entwurf der steinernen Brücken ist nun die *Bestimmung der Dicke oder Breite der Pfeiler* äuſserst wichtig. Macht man dieselben zu groſs, so verengen sie das Fluſsbett, bieten den Eismassen, dem Strome so wie dem Treibholze, groſse Angriffsflächen dar und stören den freyen Abfluſs der Hochgewässer, bewirken daher dessen Aufstauung, Eisdämme und für die Uferlande verderbliche Ueberschwemmungen; endlich erfordern dicke Pfeiler eine kostbare Gründung und im Ganzen viel gröſsere Unkosten, als dünne Pfeiler, wenn gleich diese aus lauter Werkstücken und jene nur in der Umfassung davon aufgeführt werden, im Innern aber aus Bruchstein- oder Ziegelgemäuer bestehen können*). Werden die Brückenpfeiler aber zu dünn gemacht, so können sie die darauf ruhende Last nicht tragen! Ehemals betrachtete man sie stets als Widerlager der Gewölbbögen, und machte sie nicht bloſs deswegen so ungeheuer dick, sondern auch weil man keine Kenntnisse von dem Druck der Gewölbe auf ihre Stützpunkte und von dem Tragvermögen der Steine hatte; dessen ungeachtet senkten sich oder stürzten sehr starke Pfeiler einiger Brücken ein, als z. B. von den Brücken von Saumur, Blois, Orléans, Moulins, Westminster und Tours, weil ihre Fundamente nicht gut gemacht waren. Man kann jedoch die Brü-

*) Wenn man nicht auf die Regelmäſsigkeit und das Aesthetische einer Brücke zu sehn hätte, so würde man die Brückenpfeiler gegen den Strom dick, und fluſsabwärts wenigstens um ein Sechstheil schmäler machen, um dem Strom den geringsten Widerstand mit dem Pfeiler entgegenzusetzen.

ckenpfeiler in vier Rücksichten stärker machen, als zur Tragung der darauf ruhenden Lasten nothwendig ist: *a)* um als Widerlager zu dienen, *b)* um mit dem Lehrgerüste eines Bogens oder einiger Bögen zu allen übrigen auszukommen*), das ist also eine Ersparnifs bey den Rüstungen zu bewirken, die aber mit den durch eine gröfsere Gründung und stärkeres Mauerwerk bey breitern Pfeilern verursachten Kosten, wo nicht übertroffen, doch gewifs vernichtet wird; *c)* das Flufsbett während des Baues der Brücke nicht mit Lehrgerüsten zu verengen, so dafs während dem Aufsetzen des Gewölbes ein Hochgewässer dem Bau keinen Schaden zufüge, und *d)* damit, wenn ein oder zwey Pfeiler der Brücke, sey es durch falsche oder kluge militärische Maafsregeln, gesprengt werden, die übrigen Pfeiler und Bögen nicht einstürzen. Man hat daher bey einigen Brücken mehrere dicke und mehrere weniger dicke Pfeiler angebracht, wie z. B. bey der Brücke von Blois, und dieses dürfte wohl in diesem Falle das Rathsamste seyn. Als Widerlager die Pfeiler betrachtet, bemerke ich Folgendes: 1) Wiewohl bey den Brücken von Saumur, Orléans, Blois, Tours, Moulins, Westminster, Alt-London und Blackfriars, ein Bogen nach dem andern, oder doch nur einige Bögen zugleich gewölbt sind, folglich das Lehrgerüst eines Bogens mehrmalen gebraucht wurde, die Pfeiler also vor der Aufmauerung der Gewölbschenkel und der Vollendung der Brücke als Widerlager dienten, so ist dennoch die Dicke der Pfeiler bey allen diesen Brücken, ausser den von Blois und London, nicht so beträchtlich, als man gewöhnlich die Stärke der Widerlager vorschreibt. Es verhält sich bey diesen Brücken die Dicke des Pfeilers zur Oeffnung des Bogens wie 1 : 5; 1 : 5, 5; 1 : 3 und 1 : 5; 1 : 5 wie 1 : 4, 4; 1 : 2, 3; und wie 1 zu 5. Aber bey der Brücke von Westminster, wo sich die Pfeilerdicke zur Bogenweite wie 1 zu 4, 4 verhält, ist, der Fundation wegen, ein Pfeiler dem Einsturz nahe gewesen, während die übrigen von den andern Pfeilern getragenen Bögen stehen blieben; und bey der Brücke von Tours sind sogar einige Pfeiler und Bögen eingestürzt, und zwey Endpfeiler haben dennoch ihren Bögen vollkommnen Widerstand geleistet. Bey der Brücke von Orléans T. 127 wurden nur drey Lehrgerüste gebraucht, folglich mufsten mehrere Pfeiler, deren Dicke sich zur Spannweite des Bogens wie 1 : 5, 5 verhält, als Widerlager ihrer Bögen dienen; freylich kömmt hier blofs das Gewölbe zu berücksichtigen und nicht diejenige Last, welche darauf später mit der Ausfüllung des übrigen Mauerwerks und Pflasters gebracht wird. Man mufs sich daher nach solchen dünnen Pfeilern näherungsweise richten, die bey *vollendeten Brücken*, an welchen einige Bögen eingestürzt sind, den stehenden Bögen zu Widerlagern dienten; ein Fall, welcher bey der Brücke von Tours statt gefunden hat, und bey dieser verhält sich die Pfeilerdicke zur

*) Zu diesem Zweck müssen also die Pfeiler als Widerlager dienen, und selbst noch stärker als diese gemacht werden, weil sie von den Seiten frey stehen, und besonders, wenn ihr Gemäuer nicht vollkommen ausgetrocknet, das ist, der darin enthaltene Mörtel nicht erhärtet ist; denn die Bindungskraft des getrockneten Mörtels ist sehr bedeutend.

Oeffnung des Bogens wie 1 zu 5. Man sollte daher aus diesen Erfahrungen schliefsen, dafs, bey vollkommner Austrocknung des Mauerwerks, das Widerlager einer Brücke und ein die Stelle des Widerlagers ersetzender Pfeiler nur $\frac{10}{50}$ bis $\frac{10}{44}$ der Bogenöffnung dick seyn dürften, wenn andere nicht das Gegentheil zeigten. Es ist sonach besser verfahren, wenn man das Mittel der Resultate annimmt, denn 1) kömmt die Höhe der Pfeiler, 2) die Wassertiefe, bis zn welcher der Pfahlgrund eingerammt ist, 3) die Geschwindigkeit des Stromes, 4) die Construction des Gewölbes und dessen Schwere selbst, zu berücksichtigen, und dann ist endlich zu erwägen, dafs bey Pfeilern, die in der Folge zu Widerlagern dienen sollen, nach der Ausrüstung des Bogens, zu der Schwere des Gewölbes, noch die Last der Gewölbschenkel und des Pflasters hinzukommt; welche bey Pfeilern, die nur dem Gewölbbogen allein als Stützpunkte dienen müssen, nicht berücksichtigt werden darf*). Deswegen ist man nach der Beobachtung, dafs der Gewölbbogen allein den nächsten zwey Pfeilern keine Ueberweichung verursachte, nicht berechtigt, ihre Stärke hinreichend zu halten, um auch alsdann als Widerlager zu dienen, wenn ein Bogen der vollendeten Brücke gesprengt würde. Man mufs sich aber nicht vorstellen, dafs der Widerstand oder die Tragkraft eines Brückenpfeilers nach dem Maafse gröfser werden müsse, als der Bogen mit dem Mauerwerk der Schenkel, mit dem Pflaster und den Brustwänden beschwert wird. Der in den Steinfugen des Pfeilers angewendete Mörtel ist bis dahin vollkommen erhärtet, und dessen Bindungskraft**) trägt ausserordentliich zur Stabilität der Masse des Pfeilers bey. Es können auch *ad* 1) hohe Pfeiler dem Seitendruck der Gewölbe nicht widerstehen, wenn es niedrigere thun; *ad* 2) und 3) bey grofser Wassertiefe kann ein heftiger Strom die Grundpfähle, wenn gleich unmerklich, in Oscillation bringen, wie mir die Erfahrung, bey den Brücken von Mühldorf und Bogenhausen, während ihres Baues, bewiesen hat. Ein Umstand, der, wenn ein Pfeiler während der Aufführung des Gewölhes als Widerlager dienen soll, sehr besorgt machen würde, wenn man die Grundpfähle nicht mit Fasbinenbau, Steinschüttungen oder mit einem gefüllten Pfahl- und Schwellroste umgiebt. Daher oscilliren auch die steinernen Bögen vor dem Einsturze; eine Bemerkung, welche viele Personen in München gemacht haben wollen, welches sie aber erst, nachdem der Brückensturz geschehen war, aussagten. Diese Oscillation ist leicht erklärbar; der Strom, gegen die isolirt stehenden (unterspühlten) Pfähle anstofsend, bringt diese in Schwingung, welche sich dem Rost und dem Mauerwerk selbst mittheilt: sie könnte endlich so stark werden, dafs ein Ueberweichen des Pfeilers entsteht. Es sind

*) Die über steinerne Brücken gehenden Lasten sind gegen die Tragkraft solcher Gewölbe für nichts zu achten, verdienen also nicht besonders berücksichtigt zu werden.

**) Ueber die Bindungskraft des Mörtels werde ich an einem andern Orte einige Versuche anführen, die ihre Stärke beweisen.

daher diejenigen Fälle, wobey selbst starke Pfeiler nicht als Widerlager dienten, sehr nützlich für die Brückenbaukunde: 1) Als *Manzard* die ehemalige Brücke zu *Moulins* aus drey Bögen, den einen zu 138 Schuh, und die zwey Seitenbögen, jeden zu 105 Schuh Oeffnung, erbaute, waren die Pfeiler 34 Schuh stark: folglich verhielten sich dieselben zur Bogenöffnung wie 1 : 3, so dafs sie, nach Perronet p. 624, und der Erfahrung, als Widerlager mehr denn zureichend stark waren. Aber kaum war das Gewölbe geschlossen, so stürzte die Brücke ein, weil das Fundament durch die Beengung des Stromes, welche eben von diesen dicken Pfeilern bewirkt wurde, unterwaschen war, es also nicht an der Pfeilerdicke mangelte. 2) Bey der Brücke von *Mantes* verhält sich die Dicke der Pfeiler zur Bogenweite wie 1 : 4 und wie 1 : 5; kaum hatte man das Gewölbe des Seitenbogens geschlossen, als der gegen die Vorstadt *Lymay* liegende Pfeiler oben vier Zoll gegen den nächsten Bogen zu, überwich, (*Perronet* p. 629.); selbst ehe die Schenkel jenes Bogens ausgemauert waren. Es mufste daher der mittlere und letzte Bogen schnell aufgeführt werden, um das Gleichgewicht, wodurch der Pfeiler wieder im lothrechten Stande zurückwich, kerzustellen. 3) Ohngeachtet sich die Dicke der Pfeiler an den Brücken von *Saumur* und *Cher* zur Bogenöffnung wie 1 : 5 verhielten, und diese Oeffnungen nur 60 Fufs betragen, so konnten die freystehenden Pfeiler dennoch nicht als Widerlager dienen, wie Perronet p. 621. bemerkt. Er meint, dafs man die Pfeiler ein Viertel der Bogenöffnung hätte machen müssen, um sie als solche zu benutzen, und er setzt in dieser Hinsicht bey der Brücke von Orléans ein gleiches Verhältnifs (nach *de la Hire*) fest. 4) Auch die Pfeiler dieser Brücke bogen sich um mehrere Zoll über, wiewohl ihre Dicke sich zur Oeffnung wie 1 : 5, 5 verhält. 5) Ferner mufs bemerkt werden, dafs bey den Brücken von Westminster und Blackfriars die Bögen weit unterhalb ihren Anfängen verlängert sind, bey der ersten sogar auf der Fundation aufstehen. Hierdurch wurde demnach der Seitendruck der Bögen aufgehoben, so dafs bey dieser Pfeilerdicke, die sich zur Bogenweite wie 1 : 5, und 1 : 4, 4 verhält, ein Gewölbe nach dem andern aufgeführt und geschlossen werden konnte, ohne dafs für den Stand der Pfeiler etwas zu befürchten war; 6) wird endlich auf die besten Theorien, vorzüglich auf die angeführten Erfahrungen, Rücksicht genommen: so mufs ein zehn Fufs hoher Brückenpfeiler, dessen Umfang aus Werkstücken und dessen Inneres aus Bruchstein oder Ziegelgemäuer besteht, ein Viertel der Oeffnung des Bogens dick seyn, um mit aller Sicherheit dem einen oder andern Bogen als freystehendes Widerlager zu dienen. Macht man den Pfeiler aus festen und grofsen Werkstücken, von 24 bis 26 Cubicfufs den Stein, so darf die Dicke des Pfeilers nur ein Fünftel der Spannweite des Bogens betragen, und bey flachen Gewölben mag man etwas zugeben. Für jeden Fufs wachsender Höhe des Pfeilers würde ich die Dicke um drey Zoll vermehren.

Diese bey der Brücke von Tours nicht einmal erreichte Regel kann also bey solchen Brücken angewendet werden, bey denen einige Pfeiler wirkliche Widerlager

abgeben müssen, wenn ein oder mehrere Bögen (im Kriege) gesprengt werden könnten. Erhält z. B. eine solche Brücke zwey Bögen, so gebe man dem Pfeiler ein Viertel der Bogenweite zur Dicke. Bey drey Bögen werden, der Symmetrie wegen, beyden Pfeilern diese Dicke gegeben. Bey vier Bögen gebe man sie nur dem mittlern Pfeiler, und bey den andern zwey Pfeilern verhalte sich ihre Dicke zur Weite der Bögen, wie dies unten bestimmt werden wird, das ist wie 1 : 12 bis 1 : 8; will man aber nur einen Bogen sprengen lassen, so müssen je zwey Pfeiler ein Viertel der Bogenöffnung dick seyn. Bey fünf, sechs und mehrern Bögen wird man den zwey Endpfeilern jene gröfsere Stärke geben müssen. Bey solchen Brücken, deren Bögen nie gesprengt werden dürfen, ist diese Einrichtung um so verwerflicher, als *breite* Pfeiler die Aufstauung des Stromes, folglich dessen Geschwindigkeit, womit er die Fundation oder das Grundbett zwischen dem untern Theil der Pfeiler angreift, vermehren, und solche dünnere und dickere Pfeiler an einer und derselben Brücke, niemals ein schönes Ansehen darbieten. Des Stromes Aufstau erzeugt dann eine Anlegung des Treibholzes, so wie des Eises, d. i. einen Eisdamm vor der Brücke: folglich die Unterwaschungen der Fundation; ferner geben dicke Pfeiler der Brücke ein plumpes Ansehen, erfordern breite Fundationen und Mauern; man mufs sie demnach möglichst zu vermeiden suchen.

Es kömmt also bey der Bestimmung der Dicke von den Brückenpfeilern, bey gleich grofsen Bögen, wenn man den barbarischen und nichts bezweckenden Gebrauch, die Brücken im Kriege zu zerstören, mit berücksichtigt, darauf an, 1) dafs der Pfeiler den lothrechten Druck zweyer Halbbögen *) mit den des darüber stehenden Gemäuers, tragen könne, ohne seine Steine zu zersprengen, oder seine Theile zusammenzupressen, welches von ihrer hinreichenden Tragkraft verhindert wird, die man also, wie ich dies im §. 390. zeigen werde, untersuchen mufs; 2) dafs dessen Fundation die Last trage, ohne tiefer einzusinken; dieses wird von der beschriebenen Fundirungsmethode und den Umgebungen der Pfeiler bewirkt; 3) darf der Pfeiler nicht so dünn werden, dafs ihn die auf denselben oder seinen Vorköpfen anfallenden Eisschollen theilweise zu zerstören fähig sind. Wir wollen die letzte Bedingung zuerst erwägen. Nach meiner Erfahrung kann in unsern Flüssen, wie z. B. bey der *Donau* und dem *Inn*, in denen die guten Jochbrücken den Eisgängen widerstehen, die geringste Dicke der Pfeiler, wenn mit der gröfsten Sicherheit verfahren werden soll, sechs Schuh betragen. Diese Dicke habe ich den Pfeilern der Brücke von Mühldorf gegeben (Tab. 125.) und zwey Eisgänge vermochten nicht einen Stein daran zu beschädigen. In Flüssen, wie die Isar, welche nicht einen so heftigen Eisgang als der Inn führen, nehme man die geringste Dicke der Pfeiler, in dieser Hinsicht, und

*) Den Seitendruck auf den Pfeiler heben zwey gleich grofse Bögen auf, so dafs ein lothrechter Druck entsteht; wenn aber der eine Bogen gröfser, als der andere ist, so mufs nach der Zunahme der Schwere der Druck berechnet werden.

ohne Beziehung auf die Weite des Bogens, zu fünf Fuſs an, wie ich bey der aus drey hölzernen 124 weiten Bögen bey München 1812 erbauten Brücke gethan habe. Dieses wären also Pfeiler zu Bögen von 50 bis 60, oder von 60 bis 72 Schuh Spannweite, nämlich wenn die Pfeiler nicht als Widerlager dienen sollten. Bey kleinen Flüssen, die nicht einen heftigen Eisgang führen, mag man die Dicke der Brückenpfeiler bis zu drey Schuh verringern, und darauf Bögen von 24 Schuh Weite setzen; im Fall die Pfeiler als Widerlager dienen, soll man die Bögen um die Hälfte verkleinern; ohne Noth wird indessen der Ingenieur niemals so kleine Brückenbögen wählen.

Bey diesen Bestimmungen setze ich voraus: daſs man die Pfeiler aus harten groſsen Werkstücken erbaue, oder wenigstens ihren Umfang daraus bestehen lasse, so, daſs aus dem Mauerwerk nicht einzelne Steine herausgestoſsen werden können; daſs man ferner die Vorpfeiler vorne nach einem Halbkreise abrundet, und an ihrem Vorkopf, in Eisschollen führenden Flüssen, eine Eisschiene anbringt. Da, wo nicht groſse Werkstücke zu haben sind, verbinde man die äussern Steinschichten untereinander mit steinernen Dollen oder mit in siedendes Bley eingelassenen eisernen Klammern.

Mancher wird zwar die Foderung machen: diese über die Pfeilerdicke gegebenen Regeln, durch eine Berechnung, über den Angriff der Eisschollen, zu begründen, aber wer die Eisgänge und das Aufthürmen des Eises gesehen hat, wird leicht einsehen, daſs zur Beantwortung: immer wichtige Daten fehlen werden; man daher nur der Erfahrung folgen müsse, und daſs der von der Last der Gewölbe ausgeübte Druck den Widerstand eines Pfeilers, wenn er den Eisschollen nicht groſse Angriffs-Flächen darbietet, dergestalt verstärkt, so daſs dessen Umsturz unmöglich ist. In dieser Rücksicht sind also die Pfeiler der steinernen Brücken den Stoſs der Eisschollen weniger als die der hölzernen ausgesetzt. Wir dürfen jedoch die Stärke der Pfeiler nicht allein des den Eisschollen oder dem Strom entgegen zu setzenden Widerstandes wegen so groſs machen, sondern nach der Gröſse der darauf ruhenden Last betrachten. Zieht man die Erfahrung, so wie die beſsten in Frankreich ausgeführten Brücken und die über die Festigkeit der Steine, aus denen man die Brückengewölbe und Pfeiler erbaut, angestellten Versuche und die Meinung Perronets zu Rathe: so ergiebt sich, wie gesagt, die Regel, daſs man die Dicke aller solcher Brückenpfeiler, welche nicht einzeln zu Widerlagern dienen sollen, mit der gröſsten Sicherheit zu $\frac{1}{12}$ der Bogenöffnung annehmen könne, so lange die Höhe des Pfeilers (die seiner Umgebung mitgerechnet) nicht 10 Schuh übersteigt, dann dieselbe aber, auf jedem Schuh zunehmender Höhe des Pfeilers, um drey Zoll verstärke, so daſs ein 20′ hoher Pfeiler, bey einer Brücke von 120′ Bogenweite, die Dicke von 12′ 6″ erhält, welche sich demnach zur Bogenweite wie 1 : 9, 6 verhält. Perronet sagt in der Beschreibung der Brücke von Neuilly (pag. 3): daſs man die Stärke ihrer Pfeiler zu zehn Schuh hätte annehmen können, wiewohl sie zu den dünnsten gehören: denn ihre Dicke von dreyzehn Schuh

verhält sich zur Bogenöffnung wie 1 : 9, 23. Also würde dieſs Verhältniſs wie 1 : 12 gewesen seyn. Nach der Meinung Perronets sind die Pfeiler dieser Brücke noch zwölfmal stärker, als sie nach denen über die Tragkraft der dazu verwendeten Steine angestellten Versuchen erfoderlich gewesen wären. Es ist also das von ihm festgesetzte Verhältniſs wie 1 : 12, indem $\frac{120}{10} = 12$ ist, vollkommen hinreichend. Indessen rathe ich bey dessen Annahme, die Pfeiler aus blossen Werkstücken bestehn zu lassen, und dabey auf die Tragkraft der zu wählenden Steine stets Rücksicht zu nehmen. Vorausgesetzt also, daſs die mit den zu verwendenden Steinen über ihre Tragkraft angestellten Versuche bewiesen haben, wie diese hinreichend groſs sey, wenn man dies Verhältniſs von 1 : 12 annimmt, so kann man sich dessen, bey groſsen aus festen Ziegeln und Werkstücken gemachten Bögen und bey den aus Werkstücken verfertigten Pfeilern bedienen, zumal wir sehen, wie bey mehrern Brücken, bey denen die Pfeiler im Innern blos mit Bruchsteinen ausgemauert sind, die Dicke (in Beziehung auf ihre Bogenweite) sehr wenig gröſser als die oben gegebene Regel festsetzt, ist. So verhält sich bey folgenden Brücken die Dicke der Pfeiler zur Bogenweite: bey der Eintrachtsbrücke zu Paris, wie 1 zu 9, 8, und wie 1 zu 12. Bey der für Lyon von Perronet entworfenen, wie 1 : 9, bey der Brücke von Nemours wie 1 : 8, 3; von Maixence wie 1 : 10, 67; bey der von Neuilly, wie 1 : 9, 23; bey den sehr flachen Bögen der Brücke Fouchard, wie 1 : 9, 2; bey der Brücke von Jena ist dies Verhältniſs, wie 1 : 9, 3; bey der Brücke von München (Tab. 133.) wird es, wie 1 : 10, 99 seyn, und nach den Oeuvres von Perronet p. 3. kann es wie gesagt, wie 1 : 12 angenommen werden; ja bey dem Pont du Gard ist es wie 1 : 6, wiewohl die untern Pfeiler noch zwey Reihen von Bögen tragen.

Bey Bestimmung der Stärke von solchen Brückenpfeilern, die nicht als Widerlager dienen sollen, ist nun vorzüglich zu berücksichtigen: daſs der Seitendruck zweyer gleich groſser Bögen verschwindet, weil 1) die ungleiche Schwere ihrer Materialien, und die Lasten, welche die Brücke befahren, gegen die Stabilität des Brückenpfeilers und die Schwere des Brückenkörpers, für nichts zu rechnen ist, zumal da alle Bögen zwischen den zwey Widerlagern, vollkommen gespannt sind. 2) Der sichere Stand eines Brückenpfeilers von der Güte des Fundaments und der Festigkeit seiner Steine abhängt. Man hat daher bey sicherm Fundamente und dessen guten Umgebung, nur auf den lothrechten Druck zweyer Halbbögen zu achten. Ist der eine Bogen gröſser als der andere, so muſs man jedoch, auf die Schwere von dessen gröſserer Hälfte Rücksicht nehmen. Also werde die Tragkraft der Steine geprüft! Ehemals nahm man auf dieselbe gar keine Rücksicht, denn man sieht, daſs die Alten alle Widerlager ihrer Brücken ungeheuer stark machten, und diejenigen Architekten, welche Tempel, späterhin gothische Kirchen, aufführten, gerade das Gegentheil thaten: so verhält sich beym Pantheon zu *Rom* die Dicke der lothrechten Mauer zur Weite der Kuppel wie 1 : 7, 4. Ferner zeigt die zur Seite 484 gehörige Tabelle, daſs man ohne alle

Regeln, bey Bestimmung der Widerlager, verfahren habe. *Gauthey*, welcher über die Tragkraft der Steine Versuche anstellte *), dann *Souflot*, Erbauer der Kirche Genevieve zu Paris und Perronet haben über diesen Gegenstand zuerst einiges Licht verbreitet.

Dafs man ehedem auf die natürliche Stärke der Steine in der Baukunde gar nicht Rücksicht genommen, die Dicke der Pfeiler und Stützmauern blos nach dem Geschmack der Decoration anordnete, beweisen auch mehrere Gebäude. So kommen nach der Berechnung von *Rondelet* in seinem Traité de l'art de bâtir Tom. 3. p. 74, auf den Quadratfufs Fläche an Pfunden *a)* bey den Pfeilern der Peterskirche zu Rom 35254; *b)* bey den Pfeilern der Paulskirche zu London 41713; *c)* bey der Kirche der Invaliden zu Paris 31826; *d)* bey dem Pantheon 63440; *e)* bey den Säulen der Basilica St. Paul ausser den Mauern Roms 429500 Pfund. Nach den Versuchen Perronets (p. 282 seiner Oeuvres) trug der Stein **) von einem Quadratschuh Grundfläche und zwey Zoll Höhe 264500 Pfund ehe er brach, welche Last eine einen Schuh dicken und 1508 Schuh hohe Säule erfordern würde. Dieser Schriftsteller bemerkt ferner: dafs ein Quadratschuh Grundfläche der Pfeiler von dieser Brücke eine Last von 200 Centner trägt, folglich die Pfeiler bey weitem zu stark gemacht worden sind. Der Widerstand des Steins verhält sich also hier zur Last beyläufig wie 12 zu 1. Von den zur Brücke von Maixence gebrauchten Stein trug ein 2'' hohes und 1 Zoll dickes Stück 7350 Pfund, so dafs für den Quadratschuh ein Widerstand von 264600 Pfund entsteht, und der Druck gegen den Schlufsstein war 31817 Pfund. Also sind auch bey dieser Brücke die Pfeiler noch zu stark, um blos die darauf ruhenden Lasten zu tragen. Ihre Dicke verhält sich zur Bogenöffnung wie 1 : 10, 67, so dafs sie zu den wenig breitesten Pfeilern gehören, die die Brückenbaukunde aufzuweisen hat.

§. 389. Aus den angeführten Beyspielen und der Erfahrung sehen wir bereits, dafs das Gewicht der gröfsten Halbbögen unserer Brücken nicht im Stande sey, die festen Steine eines Pfeilers zu zermalmen. Auch kömmt es bey weitem nicht derjenigen von hohen Kirchthürmen gleich; dennoch bemerken wir, dafs die Unterlager häufig nur aus einem wenig festen Nagelflue, aus Ziegeln, Kalch- und Tufsteinen bestehen. Da aber eine steinerne Brücke für Jahrtausende erbaut werden sollte, so mufs der

*) Gauthey hat diese Versuche 1774 in dem Journal de Physique par *Rozier* bekannt gemacht. Die Discussionen über das Tragvermögen der Materialien sind zuerst von *Patte*, bey der Kirche von *Genevieve*, veranlafst und Gauthey in seinem Memoire sur l'application des principes de la mecanique à la construction des Voutes 1771 und Souflet haben darüber interessante Abhandlungen geschrieben, die aber nur für die Civil-Architektur sich eignen. Der erstere fand durch seine Versuche: dafs der Schuh des Steins von *Givry* 663552 Pfund trug, so dafs man eine Säule von 4020 Höhe und 144 Quadratzoll Grundfläche hätte errichten können, um den untersten Stein zum brechen zu bringen.

**) Er war aus den Brüchen von Saillancourt genommen, diente zum Bau der Brücke von Neuilly, und der Cubikschuh wog 153 Pfund; der Versuch wurde mit einem Stück von einen Zoll Höhe und vier Quadratzoll Grundfläche gemacht.

Ingenieur die Festigkeit der Steine prüfen und was hierüber vorgetragen ist, bey Bestimmung der Pfeiler-Dicke, berücksichtigen, um nach Erfordernifs die Last auf eine gröfsere Fläche zu vertheilen. Man wird also (abgesehen von der Höhe des Pfeilers, welche 10 Schuh übertrifft) die Dicke der Pfeiler zu $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{8}$ der Bogenweite machen, wenn die Pfeiler nicht als Widerlager dienen sollen; eine Regel, die ich vollständig durch die angeführten Erfahrungen und durch die Tragkraft der Steine begründet habe, da man zu den Pfeilern stets solche feste Steine wählen mufs, welche vom Frost nicht Schaden leiden, sich im Wasser nicht auflösen, und von denen durch Eisschollen und Treibholz nicht Stücke abgestofsen werden können.

Dafs man sonst bey Festsetzung der Pfeilerdicke willkührlich verfahren habe, beweifst auch die zur Seite 484 gehörige Tabelle, und es verdient bemerkt zu werden, dafs diejenigen Ingenieurs, welche weite Bögen construirten, in die Nothwendigkeit versetzt waren, die Brückenpfeiler schmäler als ihre Vorgänger gethan, zu machen, weil sonst ungeheuer dicke Pfeiler entstanden wären, womit man den Lauf der Flüsse ganz gesperrt hätte. Wiewohl diese Pfeiler, wenn sie als Widerlager betrachtet werden, nur eine Dicke von $\frac{1}{4}$ der Bögen betragen darf, so verhält sich doch jene zu dieser: bey der *Engelsbrücke* zu Rom wie 1 zu 2, 4; von *Ferrato* zu Rom wie 1 : 3, 1; von Regensburg wie 1 : 2, 5, von der Londonbrücke zu London wie 1 : 2, 3; von der römischen Brücke zu Rimini wie 1 : 2; von der zu Dresden wie 1 : 2, 4; von der zu Cremera wie 1 : 2, 9; von der Brücke Marché-Palu zu Paris wie 1 : 2. Wir sehen daher, dafs man diese Stärke übertrieben hat; ja, die Pfeiler dieser Brücken sind dann noch zu dick, wenn man sie blos als Widerlager berücksichtiget: so verhalten sich z. B. die Widerlager grofser Bögen zu den Bogenöffnungen bey den Brücken von *Mantes*, *Verona*, der *Tuillerien*, von *Pont-Lieu*, *Herault*, *Saumur*, *Trilport*, *Maixence* und *Neuilly* wie 1 : 4, die Pfeiler von Tours welche jetzt noch als Widerlager dienen wie 1 : 5; bey den Brücken von Orléans die Widerlager zu ihren Bögen wie 1 : 4, 2; von Compiegne 1 : 3, 5; von Gignac 1 : 4, 4 und beym gröfsten Bogen in der Welt (bey dem von Vieille-Brioude) wie 1 : 3, 8.

Allerdings kömmt der Umstand in Betracht zu ziehen, dafs diejenigen Pfeiler die als Widerlager dienen, isolirt stehen, die Widerlager der Brücken aber an festes Erdreich angelehnt sind, dagegen aber nicht (wie die Pfeiler) aus Werkstücken zusammen gesetzt sind. Wiewohl nur bey den Pfeilern der Westminster-Brücke sich die Dicke zur Oeffnung der Bögen wie 1 : 4, verhielt, so trugen dennoch zwey derselben die Gewölbe, als zwey andere Pfeiler schadhaft waren. Dabey verdient aber bemerkt zu werden: dafs der Erbauer, die Bögen bis zur Gründung des Pfeilers hat hinabgehen lassen, wodurch also ihr Seitendruck fast ganz aufgehoben war. Bey solchen Pfeilern also, die einem zu $\frac{1}{3}$ der Oeffnung gedruckten Korbbogen oder unter $\frac{1}{4}$ der Bogenweite flache Kreisstücke bilden, würde ich die Pfeilerdicke $\frac{1}{4}$ der Bogen-

öffnung machen, wenn der Pfeiler (in Nothfällen) *als widerlager dienen mufs.* Bey vollen Halbkreisen und der verkehrten Ellypse und wo die Pfeiler niedriger als 10′ sind, betrage dieses Verhäftnifs $\frac{1}{5}$, bey weniger als $\frac{1}{3}$ gedruckten Korbbögen und Kreisstücken, deren gröfste Höhe $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ der Oeffnung ist, sey die Pfeilerdicke $\frac{35}{100}$ der Oeffnung. Wir sehen nämlich aus der Erfahrung: dafs bey diesem Verhältnifs der Brücken, wovon einige Bögen einstürzten, dennoch die übrigen Pfeiler, die Stelle der Widerlager vollkommen ersetzten; so waren bey der Brücke von Tours die Pfeiler hinreichend stark, wiewohl ihre Bögen aus drey Mittelpuncten beschrieben, folglich mehr auf die Pfeiler als ein Halbkreis drücken; ihre Dicke verhält sich nämlich zur Oeffnung des Bogens nur wie 1 : 5. Als nämlich einige Bogen defswegen eingestürzt waren, weil die Pfeiler unterwaschen wurden, so blieben die übrigen Bögen stehen, deren Pfeiler eine gute Gründung hatten.

Aus allen bis jezt vor uns liegenden Erfahrungen geht demnach hervor: dafs ich die Stärke der Brückenpfeiler in beyden Fällen, wenn sie nämlich als Widerlager eines Bogens dienen oder nicht dienen sollen, hinreichend stark festgesetzt habe, und dafs mehrere Brücken vorhanden sind, deren wirklichen Widerlagern, diese von mir festgesetzte Stärke nicht einmal gegeben worden ist.

§. 390. Da die Tragkraft der Steine bey allen solchen Pfeilern, welche nicht als Widerlager dienen, die Stärke oder Dicke dieser Pfeiler bestimmt, so ist es nothwendig, darüber genaue Versuche anzustellen. Man berechne also in Beziehung auf die Schwere derer zu den Gewölben und den Schenkeln zu nehmenden Steine, und des auf den Pfeiler aufgeführten Gemäuers, wie von dem Pflaster die Last von zwey Halbbögen; sehe, wie viel auf den Quadratfufs des Pfeilers von dieser gesammten Last kömmt, wie viel der Quadratfufs des zum Pfeiler anzuwendenden Steins tragen könne, wenn man die Versuche mit kleinen Würfeln von 27 Cubicfufs angestellt hat, und nehme hievon $\frac{1}{20}$ (anstatt bey Perronet $\frac{1}{12}$) an, um mit gröfster Sicherheit zu verfahren. Wir wollen deswegen die Resultate einiger bey München von dem Ober-Ingenieur von Wiebeking mit den zur neuen Brücke (Tab. 133.) anzuwendenden Steinen bewirkten Versuchen, unten mittheilen.

Der Ingenieur *Gauthey* war der erste, welcher über die Tragkraft der Steine einige Versuche anstellte; er hat die dazu gebrauchte Vorrichtung in seinem *Traité des ponts* p. 267 beschrieben*), und da sie zweckmäfsig ist: so wurde zu diesen Versuchen eine ähnliche in Fig. 9. Tab. 133. dargestellte verfertigt. Ihr Hebelsarm *a b* bestand aus zwey eichenen 16 Zoll hohen Balken, dessen beyde Endetheile sich (in eisernen Bändern) übereinander schieben liefsen; folglich konnte der Hebel verlängert oder verkürzt werden. Dessen äufserste Enden drehten sich um einen vier Zoll

*) *Souflot* liefs eine ähnliche Vorrichtung aus Eisen verfertigen, nachdem der Architect Patte behauptet hatte, dafs die Grundflächen der Pfeiler von St. Génieve zu klein wären, um den Dohm und die Kuppel zu tragen.

starken eisernen Zapfen oder Rundnagel *c*, der in eine 22 Zoll starke eichene, in den Boden eingegrabene und durch eine Schraube mit mehrern eingerammten Pfählen verbundene Säule *A* lief. Das andere Ende des Hebels trug eine aus Planken bestehende Waageschaale *B*. Der zum Versuch bestimmte Stein *e* wurde auf einen festen Körper *C* gelegt, wozu man einen metallnen Rammklotz wählte, dessen Unterlager aus zwey Steinen *D* und *E* bestand. Um nun den Versuchstein *e* nicht auf einen Punkt, sondern über seine ganze Oherfläche zu drücken, so wurde auf demselben das aus Eisen bestehende oben spitz zulaufende Stück *d* darüber gelegt. Der mit Eisen beschlagene Hebel *a b* drückte nun auf diesen Stein, und wurde an seinem Ende von dem Rundnagel *c* verhindert, aufwärts zu gehn. Da man aber während des ersten Versuchs bemerkte, daſs bey der geringsten Belastung der Waagschaale *B*, dieses eiserne Stück *d* durch den Druck des Hebels aus der Verticale auswich und umzukanten gezwungen wurde, wodurch die Kraftäuſserung nur auf einen geringen Theil der Fläche des Steines *e* wirkte; so ward dies dadurch verbessert, daſs man zwey eiserne kleine Cylinder *f f* und einen sich über dieselben hinbewegende eiserne Platte unter den Hebel *a b* legte, wodurch dies der Richtigkeit der Versuche so nachtheilige Bestreben des Hebels (die Unterlage umzukanten) völlig aufgehoben wurde *).

§. 391. Die verschiedenen Eigenschaften der Steine, als: ihre Härte und specifische Schwere, ihre Bestandtheile und ihre mehr oder weniger dunkle Farbe, setzen den erfahrensten Praktiker nicht in den Stand, die Tragkraft derselben voraus beurtheilen zu können; sie kann nur aus einzelnen Versuchen gefunden werden. Die harten aber zugleich spröden Steine, welche häufig aus mehr oder weniger innig miteinander verbundenen Theilen bestehen, brechen öfters leicht, und selbst solche aus homogenen Theilen zusammengesetzten, die unter einer groſsen Last völlig brechen, springen oft unter einer geringen Belastung, zumal wenn der Druck nicht auf ihre ganze Fläche gleichmäſsig vertheilt ist. Ja man kann, wie *Gauthey* sagt, die Steingattungen, in Beziehung auf ihre Tragkraft, in zwey Classen eintheilen. Die harten Steine, deren Korn fein ist und die aus homogenen Theilen bestehen, theilen sich mit Geräusch, ehe sie zu Staub zermalmt werden, in verticale Schnitte; die weicheren theilen sich in Pyramiden, welche ihre Basis in der obern Fläche des Prismas und ihren Scheitel in der Mitte haben.

*) *Rondelet* hat pag. 78. in seinem *Traité de l'art de bâtir*, bey seinen über die Tragkraft der Steine angestellten Versuchen, eine Schraube gebraucht, die durch einen Hebelsarm in Bewegung gesetzt wird. Auf eine recht sinnreiche Weise hat er den Grad der Reibung, der die auf den Stein drückende Schraube unterworfen ist, durch das Anbringen eines der Schraube entgegenwirkenden Hebels kennen gelernt. — Die strenge Bauöconomie erlaubte es jedoch nicht für diese anzustellenden Versuche, diese etwas kostbare Vorrichtung zu machen. Uebrigens war die Reibung des Hebels um den vier Zoll starken Rundnagel *c*, bey der oben bechriebenen Vorrichtung, unbedeutend.

Nach den bey München angestellten Versuchen hat sich die Allgemeinheit dieser Beobachtung nicht bestätigt, da von der härtesten Sandsteingattung einige Prismaten in verticale Schnitte, andere aber in Pyramiden und auch in unregelmäſsige Körper bildende Theile sich spalteten. Meistens wurden die Steine so zusammengepreſst, daſs vor dem gänzlichen zu Staub Zermalmen, Pyramiden entstanden, die gewöhnlich ihre Grundfläche auf der untern und ihre Spitze an der obern Fläche hatten; manchmal trat aber auch der umgekehrte Fall ein; nur selten hatten die Pyramiden ihren Scheitel in der Mitte.

Die Art, wie die Steine bey den Versuchen bemerkliche Sprünge erhalten, muſs eben so berücksichtiget werden: denn, wie schon oben angeführt wurde, so spalten sich oft harte Steine früher als weiche, wenn die Last, wie es bey allen Gebäuden ist, nicht auf die ganze Fläche gleichheitlich vertheilt wird. Alle die den Versuchen unterworfenen Steine erhielten vor ihrem gänzlichen Brechen und vor ihrer vollen Belastung, leichte Sprünge. Wenn man, wie dies bey den meisten für die münchner Brücke angestellten Versuchen geschah, die Steine unter dieser Last einige Tage liegen lieſs, so brachen dieselben unter einem viel unbedeutenderem Gewicht. Da man jedoch bey der Ausführung eines groſsen Werkes die Steine nie so genau als für einzelne Versuche behauen, daher die Fläche nicht so gleichmäſsig die Last tragen kann, auch selbst der Zeitraum von Jahrhunderten die Cohäsion der Theile eines jeden Steins bey der stets erneuerten Wirkung der Schwere, immer mehr aufzulösen strebt, so würde es immer sehr gewagt seyn, Steine mit solchen Lasten, wie sie uns die Versuche angeben, zu beschweren, obgleich wieder in Betracht zu ziehen ist, daſs groſse Steinmassen dadurch, daſs sie an Zusammenhang gewinnen, in einem gröſsern Verhältniſs, als den der Fläche, an Tragkraft zunehmen. Dieser Fall tritt besonders bey den porösen Tufsteinen ein; diese Bemerkung wird auch durch Beobachtnngen bestätiget: denselben gemäſs zeigen sich immer an der äuſsern Fläche zuerst Sprünge, bevor sie sich unter einer groſsen Last, nach der Mitte des Steins zu, verlängern. Es scheint hieraus hervorzugehn, daſs die Tragkraft der Steine in der Art zunehmen müsse, als der kubische Inhalt im Verhältniſs mit der äuſsern Fläche gröſser werde, und dieses ist auch ziemlich durch die angestellten Versuche bestätigt worden. So führt Gauthey deren in seinem *Traité des ponts* S. 297. einige an. Es wurden mit Würfel von 5 Centimeter Länge und auch mit senkrecht gestellten Prismen, deren Grundfläche diesen Würfeln gleich war, folgende Versuche angestellt:

Erster Versuch mit einem sehr harten Stein, dessen specifische Schwere 2,388 betrug.

a) Ein Würfel wurde zerbrochen mit	8851	Kilogramm.
b) Zwey Stücke, jedes zur halben Höhe des Würfels mit	5411	
c) Drey Stücke, jedes zu $\frac{1}{3}$ Höhe des Würfels . . .	4780	

Zweiter Versuch mit einem harten Stein, dessen specifische Schwere 2,255 betrug.

a) Ein Würfel wurde gebrochen mit	6650	Kilogram.
b) Zwey Stücke, jedes zur halben Höhe des Würfels mit	4223	
c) Drey Stücke, jedes zu $\frac{1}{3}$ Höhe des Würfels mit . .	3890	

Diese Versuche sind ursprünglich von *Rondelet* angestellt worden, nebst mehrern andern, der sie auf der 91. Seite seiner *Art de bâtir* Tome 3. mittheilt. Im Allgemeinen geht daraus hervor, dafs zwey aufeinander gelegte Steinstücke nur drey Fünftheile derjenigen Last tragen, welche ein einzelner Stein von gleicher Höhe und Grundfläche der beyden aufeinander gelegten Steine zu tragen vermögend ist, und dafs drey aufeinander gelegte Steine, von gleicher Höhe und Grundfläche mit einem Stein, die Hälfte trugen.

Man konnte daher bey den harten eisenockerigen Sandsteinen, welche zu den Gewölbsteinen der Münchner Brücke gebraucht werden sollen, mit der gröfsten Sicherheit annehmen, dafs die Lagen der Pfeiler, deren Höhe 15 bis 24 Zoll betragen, die doppelte Last tragen können, welche die Versuche mit 3 Zoll hohen Würfeln geben; folglich würde man für den französischen Quadratschuh 1,875,532 Pfunde, und für den baierischen Quadratschuh 1,331,816 baierische Pfunde anzunehmen berechtigt seyn, da eine Lage von einem Schuh Höhe, in Beziehung auf die Rondeletschen Versuche, schon eine gröfsere Last als diese, tragen müfste, wenn er zerbrechen sollte.

Rondelet führt pag. 101. ferner an: dafs nach allen seinen Versuchen die Bausteine zu springen anfangen, wenn man sie mit einer Last beschwert, welche etwas weniger, als die Hälfte derjenigen sey, womit sie brechen, und dafs, wenn die Last 5 bis 48 Stunden darauf liegt, dieses Brechen mit einer geringern bewirkt werde. Also mufs man die erste nicht einmal von den Bausteinen tragen lassen, und ich habe deswegen eben angerathen, nur $\frac{1}{20}$ der Last, welche nach den Versuchen den Stein gesprengt hat, zur Belastung anzunehmen, welches also nicht mehr als $\frac{1}{10}$ der Last wäre, womit der Stein einige Sprünge bekommt.

Andere Versuche beweisen, dafs die Form der Grundfläche des Steins wesentlich zur Vergröfserung oder Veringerung seines Widerstandes beytrage. So trug der Stein mit einer zirkelförmigen Grundfläche von 15 Quadratcentimètres eine Last von 917, mit einer quadratförmigen von 866 und mit einer gleichseitigen Dreyekform ein Gewicht von 789 Kilogrammen. Im Allgemeinen steht also der Widerstand, den die gleichartigen Steingattungen leisten, im umgekehrten Verhältnifs mit der Umflächung des Steins, und die Tragkraft wächst, bis der Stein ein Würfel wird, wo sie das Maximum erreicht, dann aber wieder abnimmt.

Allein man kann hier eine andere Betrachtung nicht unbeachtet lassen, dafs nämlich die Steine sehr selten einem auf die horizontale Lage wirkenden Druck unterworfen sind, sondern dafs sie, wie z. B. bey den ungleichen Gewölben, auf einer Seite mehr als

auf der andern beschwert werden, so daſs manchmal (wie es bey den Brechungsfugen geschieht) der ganze Druck sich beynahe auf eine einzelne Kante vertheilt; also muſs man bey der Ausübung mit der gröſsten Sicherheit zu Werke gehn, und überdies aus solchen Gewölb-Fugen den Mörtel, bis auf eine Tiefe von 6 Zoll, auskratzen, damit sich die Steinkanten nicht berühren und der Druck möglichst gleichförmig vertheilt werde.

§. 392. Das sicherste Mittel, die Tragkraft einer groſsen Steingattung kennen zu lernen, bleibt wohl immer die Untersuchung kühner, aus diesen Steinen aufgeführter Gebäude, um so über die Kraft der Steine, welche Jahrhunderte schon ungeheuere Lasten tragen, sichere Data anfzustellen. So tragen z. B. 1) die Säulen der Kirche von *Toussaint d'Angers*, auf einer Quadratfläche von 9 französischen Quadratzoll, die Last von 2260 Pfund französischen Gewichts; und den über diese Steingattung durch *Gauthey* angestellten Versuchen gemäſs trug ein 25 Quadratzoll groſser Stein, ehe er zermalmt wurde, die Last von 20620 Pfund. Diese Säulen tragen daher in vertikaler Richtung nur den zehnten Theil der Last, die sie nach den Versuchen tragen könnten. 2) Die Brücke von Neuilly hat am Schluſsstein ungefähr den vierzehnten Theil der Last, die zum Zerbrechen der Steine erforderlich ist, zu tragen. Aber man muſs hierbey beobachten, daſs nach erfolgtem Setzen dieser Brücke die Last nicht mehr so gleichförmig nach der ganzen Höhe des Schluſssteines vertheilt ist, und daſs daher auch, unter dieser Beziehung, diese Brücke zu den kühnsten steinernen Brücken gezählt werden muſs.

§. 393. Die sich in Lagen oder Schichten abtheilenden Steine besitzen in der Oberfläche ihrer Schichte nicht so viel Tragkraft, als in der Mitte derselben; da aber zu den Pfeilern und den untern Gewölbsteinen der Brücke bey München keine in Schichten gebrochene, sondern mit Pulver und Keile gesprengte Steine verwendet werden, so wurden über die abwechselnde Tragkraft der in Lager vor Schichten vorkommenden Steine, in Beziehung auf die Höhe, keine Beobachtungen gemacht.

In so fern zu dem Bau der Brücke von München mehrere Steingattungen von verschiedener Güte oder Härte, als: Tuf-, Kalch-, Sand- und Nagelflue-Steine gebraucht werden sollen, weil die Steinbrüche in gröſserer oder geringerer Entfernung von München liegen; so war es nothwendig, im Voraus die Tragkraft dieser Steine zu kennen, um dieselbe je nach ihrer Härte und Haltbarkeit und den Druck, welchen sie auszuhalten haben, zu verwenden.

Aus alle den unten folgenden Versuchen geht hervor: daſs der rothe eisenerzhaltige mit Quarz durchsprengte Sandstein, von Neubaiern am Inn, unter allen zu dieser Brücke zu gebrauchenden Steingattungen, die gröſste, der aus den Brüchen von Weyhern kommende Tufstein aber die geringste Tragkraft auszuüben vermögend sey.

Folgende Resultate wollen wir daher von den gemachten Versuchen aufnehmen.

Nummer des Versuches und Art der Steine.	Specifisches Gewicht des Steins	Gröfse des Versuchwürfels in baierischen Cubik-Zoll.	Gewicht, das der Stein trug, in baierischen Pfunden.	Nummer des Versuches und Art der Steine.	Specifisches Gewicht des Steins	Gröfse des Versuchwürfels in baierischen Cubik-Zoll.	Gewicht, das der Stein trug, in baierischen Pfunden.
1) Röthlichter eisenerzhaltiger Sandstein von Neubaiern am Inn, im Königreiche Baiern.	2,909	27	23979 (*a*)	7 Halbbrauner Sandstein, der ins Weislichte fällt, aus den Brüchen v. Murnau	2,802	216	18227 (*A*)
1			42600 (*b*)	7			35897 (*B*)
1			44128 (*c*)	7			39665 (*C*)
2)			28806 (*d*)	7			51484 (*D*)
2			31211 (*e*)	7			57798 (*E*)
3)			25731 (*f*)	7			59082 (*F*)
3			37153 (*g*)	7			59369 (*G*)
3			49530 (*h*)	7			60658 (*H*)
4) Gelber Sandstein aus dem Bruche von Neubaiern.	2,89	216	18640 (*i*)	8 Sandsteine aus d. Bruche v. Murnau		216	63393 (*I*)
			44608 (*k*)	8			69005 (*K*)
			54910 (*l*)	9			24673 (*L*) 43078 (L2)
5) Rother eisenerzhaltiger Sandstein aus dem Neubaier-Bruch.	2,909	216	22194 (*m*)	10 Nagelfluesteine aus dem Bruche bey Garmisch.	2,09	216	20900 (*M*)
			26574 (*n*)	10			28411 (*N*)
			51163 (*o*)	10			31405 (*O*)
			61797 (*p*)	10			39318 (*P*)
			75369 (*q*)	10			39732 (*Q*)
13) Tufstein aus den Brüchen v. Mühlthal v. d. wenigst porösen, also härtesten Gattung.	2,00	216	26475 (*r*)	11			22954 (*R*)
			32178 (*s*)	12 Kalkstein v. Lengries.	2,90	27	15536 (*S*)
			36789 (*t*)	12			41385 (*T*)
			40971 (*u*)	14 Bruchstein a. d. Brüchen des Mühlthals, besster Gattung.	2,00	216	16706 (*U*)
							21098 (*V*)
15) Nagelfluestein.		216	17483 (*v*)	14			
				14			28128 (*W*)

Erläuterungen und Bemerkungen.

a) Unter dieser Last bekam der Stein einige Risse und an der Kante Sprünge. *b*) Es zeigten sich mehrere beynahe unmerkliche Sprünge im Stein; derselbe blieb unter dieser Last zwölf Stunden liegen. *c*) Unter dieser Last zerbrach der Stein. *d*) Bey dieser Last bekam der Stein anfangs an den Kanten einige Ritzen; nach 24 Stunden zeigten sich zwey verticale Sprünge an der Oberfläche. *e*) Unter dieser Last brach der Stein und lofste sieh beynahe in Sand auf. *f*) Bey dieser Last zeigte sich ein beynahe unmerklicher Sprung. *g*) Nachdem dieser Stein mehrere bedeutende Sprünge erhalten hatte, liefs man ihn 48 Stunden unter dieser Last liegen. *h*) Unter diesem Gewichte brach der Stein gänzlich in Stücken. *i*) Der Stein hekam unter diesem Gewichte auf der einen Seite einen kleinen Rifs. *k*) Bey dieser Last erhielt der Stein an der einen Seite einen bedeutenden Sprung, so dafs er dem Brechen nahe war; man sah, wie sieh immer von aussen desseu Verbindung auflöfste und einzelne Körner herausgedrückt wurden. *l*) Unter dieser Last brach der Stein, nach 48stündiger Beschwerung. *m*) Es waren. drey Steine aufeinandergelegt. Es zeigten sich an dem untern Stein mehrere bedentende Sprünge auf allen Seiten, am mittlern fanden beynahe noch unmerkliche statt, so wie am obern, bey diesem besonders nur an der untern Kante. *n*) Der Sprung an der obern Kante wurde bedeutender, und an der untern zeigte sich ein kleiner Sprung. *o*) Die Sprünge im mittlern Stein waren die merklichsten. *p*) Die Sprünge der drey Steine correspondirten mit einander, aber nicht in lothrechter Linie. *q*) Mit dieser Last brach der Stein, nach 24stündiger Belastung. *r*) Der Stein blieb 48 Stunden unter dieser Last liegen. *s*) Er bekam nach 24stündiger Beschwerung einige Sprünge. *t*) Als er zwey Stunden unter dieser Last blieb, vermehrten sich die Sprünge. *u*) Er brach nach einigen Stunden unter diesem Gewichte. *v*) Der Stein brach unter dieser Last sogleich.

A) Unter dieser Last erhielt der Stein an der untern Kante einen Sprung.

B) Jetzt zeigten sich Risse an der einen Seite des Steins.

C) Diese Risse vermehrten sich, ohne dafs an der andern Seite welche entstanden.

D) An eben dieser Seite zeigte sich ein von unten nach oben gehender Sprung.

E) Auch zeigte sich auf der andern Seite ein Sprung.

F) Dieser vergröfserte sich und es entstand auch ein zweyter.

G) Jezt zeigte sich in der Mitte ein anderer Sprung.

H) Der Spruug auf der andern Seite war gegen die Oberfläche zu, und der Stein brach in der Mitte, so dafs die eine Hälfte aus verticalen Theilen bestand, während die andere zum Theil unversehrt blieb.

I) Der Stein blieb unter dieser Last 48 Stunden liegen.

K) Nach einer anderthalbstündigen Beschwerung brach der Stein.

L) Der Stein bekam Sprünge und *L2*) brach bey diesem Gewichte.

M) Unter dieser Last wurde eine untere Kante des Steins abgesprengt.

N) Der Stein erhielt auf der andern Seite einen unbedeutenden Sprung.

O) Er erhielt kaum bemerkbare Sprünge an der Basis.

P) Diese giengen jetzt bis zur obern Fläche hinauf.

Q) Unter dieser Last brach der Stein nach einigen Minuten.

R) der Stein bekam unmerkliche Sprünge, brach aber nach 24 stündiger Belastung.

S) Auf beyden Seiten des Steins zeigten sich Sprünge, wovon der eine lothrecht gieng, die andern aber eine schiefe Richtung hatten.

T) Es zeigten sich Sprünge auf allen Seiten und nach zwey Stunden brach der Stein.

U) Von oben bis unten lief ein Sprung.

V) Die Sprünge wurden auf der einen Seite gröfser, nach 5 Minuten enstanden überall Sprünge, und mit dem Gewichte *W*) zerbrach der Stein.

Aus den Beobachtungen von Nr. 1. 2. und 3. zog man für diesen rothen Sandstein die mittlere Tragkraft aus. Um einen für alle Beobachtungen durch die Gleichheit der Umstände zur comparativen Zusammenstellung brauchbaren Fall anzunehmen, mufste man die Last, unter welcher der Stein nach mehrern Stunden brach, als das Maximum der Tragkraft ansehen, obgleich dieselbe gewifs, wenn man mit Sicherheit zu Werke gehen und jeden sichtbaren Sprung in den Steinen verhindern will, nicht den zehnten Theil des hier aufgeführten Gewichtes übersteigen darf. Diesen drey Beobachtungen gemäfs, trug der rothe Sandstein, ehe er brach, eine Last von 665908 Pfunden baierischen Gewichtes auf den baierischen, und 459095,04 Kilograme oder 937766 französische Pfunde auf den französischen Quadratschuh, bey dessen Höhe von 3″ baierisch. Nun betrug die Tragkraft des zur Brücke von Neuilly gebrauchten Steines auf den Quadratfufs nur 264500; des bey der Brücke von Maixense gebrauchten Steines 264600, bey einer Höhe von drey Zoll, so dafs also, wenn man auf die gröfsere Höhe keine Rücksicht nimmt, die Tragkraft dieser Steine sich zur Tragkraft des zu den Pfeilern und Gewölben der Münchner-Brücke zu verwendenden Steines wie 100 zu 354 verhält.

Der Versuch Nr. 4. wurde mit drey auf einander passenden Stücken, jedes von 2″ Höhe und 36 Quadratzoll Grundfläche, die also alle drey einen kubischen Inhalt von 216 Cubikzoll einnahmen, und aus rothem Sandstein bestanden, angestellt.

Obgleich gewöhnlich dünne Lagen wenig Tragkraft versprechen, so trugen dieselben doch 24 Stunden lang eine Last von 75369 baierischen Pfunden, ehe sie brachen.

Der gelbe Sandstein aus dem nämlichen Bruche, besteht nicht aus solchen homogenen Theilen, und deren Cohärenz ist nicht so innig, als die des rothen Steines. Der baierische Quadratfufs trug dem Versuche Nr. 4. zu Folge 220540 baierische, und der französische Quadratschuh 151604,88 Kilograme, oder 309706 französische Pfunde. Der weifse Sandstein aus dem Bruche von Murnau trug auf den baierischen Quadratschuh 242632 Pfund baierischen Gewichtes, und 166476,80 Kilograme auf den französischen Quadratfufs, oder 3400.7 französische Pfunde. Der Widerstand, oder die Tragkraft des letzten Steines verhält sich also zu der des zur Brücke von Neuilly gebrauchten, wie 276 zu 100. Also ist auch dieser Stein zu Gewölbstücken hart genug.

Der Nagelflue-Stein, über welchen mit Nr. 9., 10. und 11. Versuche angestellt worden sind, besteht aus einem feinkörnigen Conglomorat, dessen Bindungs-Mittel beynahe mit den übrigen Theilen identisch geworden sind.

Da jedoch, wie aus diesen drey Versuchen hervor geht, diese Steingattung, je nach der verschiedenen Verbindung und Cohärenz der Theile, eine ganz verschiedene, sehr von einander abweichende Tragkraft hat; so nahm man den Versuch Nr. 11., wobey der Stein nach 24stündiger Beschwerung brach, als die gröfste an. Diesem gemäfs würde ein baierischer Quadratschuh 91816 baierische Pfunde, und

ein französischer 63374,53 Kilograme, oder 129462 französische Pfunde tragen. Dessen Widerstand verhält sich also zu dem des Steines von Neuilly wie 100 : 202, zu dem des Neubairer eisenerzhaltigen Sandsteines aber wie 100 : 725. Diese Steingattung verhärtet sich im Wasser immer mehr, und widersteht vollkommen dem Einflusse der Luft.

Der graue Kalkstein oder Marmor von Lengries, dessen Tragkraft in Nr. 12. untersucht wurde, hat beynahe gleiche Härte, wie der Sandstein von Neubaiern; jedoch ist derselbe mit Adern durchsprengt und weit spröder; so dafs, wie uns die Versuche zeigen, ein 27 Quadratzoll grofses Stück, schon unter der Last von 15536 Pfund bedeutende Sprünge bekam, ob es gleich erst unter der Last von 41385 Pfunden nach mehrern Stunden brach.

Bey den Tuftsteinen tritt der nämliche Fall, wie bey den Nagelflue-Steinen, ein; nur ist hier der Unterschied der Tragkraft der verschiedenen Steine, noch bedeutender. Man mufste daher den Versuch Nr. 15., welcher mit einem dichten, wenig porösen Steine von 216 Cubikzoll, d. h. von 36 Quadratzoll Fläche und 6 Zoll Höhe, angestellt wurde, als das Maximum der Tragkraft dieser Steingattung annehmen. Diesem gemäfs trägt der baierische Quadratschuh 69932 baierische Pfunde, und der französische 48159,28 Kilogramen, oder 98373 französische Pfunde. Die Tragkraft dieses Tuftsteines verhält sich zu der Tragkraft des bey der Brücke von Neuilly gebrauchten, wie 100 : 267, und zu dem des Neubairer Steines wie 100 : 952.

Alle diese Versuche müssen die Regierung bestimmen: zu der Münchener Brücke den röthlichen Sandstein zu den Pfeilern, Gewölbsteinen und den äufsern Flächen der Schenkel nehmen zu lassen, weil derselbe der härteste und schönste ist, so wie auch der Einwirkung des Frostes und Regens vollkommen widersteht, und selbst dem festesten Granit an Härte und Dauer gleich zu setzen ist, ihn aber an Schönheit der Farbe weit übertrifft. Dafs diese Wahl eines Steines, welcher 21 Stunden zur Axe gefahren werden mufs, ein solches Werk nothwendig vertheuere, ist leicht begreiflich: denn der baierische Cubikfufs dieses Steins, der mit Pulver gesprengt wird, kostet zu sprengen, aus dem Rohen zu behauen und an Transport bis München 2 fl. 56 kr.

§. 394. Nach den Pfeilern, bilden die *Widerlager* den wesentlichsten Theil oder die Stützpuncte eines massiven Brückenbogens; der Ingenieur kann daher weder bey ihrer Gründung noch bey ihrem Mauerwerk mit zuvieler Vorsicht verfahren. In welchem Verhaltnisse ihre Dicke zu der Bogenöffnung (bey den berühmtesten Brücken) steht, ist bereits oben und in der zur S. 484. gehörigen Tabelle angeführt worden. Dieses Verhältnifs ist nämlich, bey den meisten grofsen und schönsten Brücken, wie 1 zu 4, nach welcher Form man auch den Bogen construirte. Ja, wir sehen bey der Brücke von Tours, dafs, obwohl ihre Pfeiler noch schwächer, als dieses Verhältnifs auswirft, sind, und isolirt stehen, dieselben dennoch als Widerlager dem Druck der Last des Bogens widerstanden, folglich die Widerlager, bey Halbkreisen, immer stark

wählt werden, wenn man ihre Dicke ein Viertheil der Bogenöffnung macht, zumal wenn dieselben an festes Erdreich angelehnt sind.

Späterhin werden wir aus dem Auszuge der vorzüglichsten Theorien über die Brückengewölbe sehen, wie einige Schriftsteller die Stärke der Widerlager zu berechnen gesucht haben; da ihre Berechnungen aber von der Erfahrung sehr bedeutend abweichen, so wollen wir uns an diese letzte halten. So findet z. B. *Gauthey* in seinem *Traité des ponts* p. 325., nach der darin aufgenommenen Theorie von *Boistard*, dafs, wenn die Weite des Bogens 20 mètres, die Stärke des Gewölbes am Gipfel oder die Länge des Schlufssteins 1 mètre ist, und der obere Theil des Gewölbes eine horizontale Oberfläche habe; beym Halbzirkel die Dicke des Widerlagers 0,45; beym zu $\frac{1}{3}$ gedruckten Korbgewölbe 0,66; beym zu $\frac{1}{4}$ gedruckten Gewölbe der Art 0,82 mètres, und bey einem Kreisstück von 66,667 Graden (auf ein 5 mètres hohes vorne senkrechtes Widerlager gestellt) 2,95 mètres betragen könne, und dafs die Bruchpuncte des Gewölbes, bey dem ersten Gewölbe unter dem 30. Grad, bey dem 2ten unter dem 50sten, und bey dem dritten unter dem 60ten, bey dem letzten unter 0 Grade statt finden.

Wenn man jedoch den Umstand berücksichtiget, *1)* dafs die gröfsere Verstärkung eines Widerlagers durch Stützmauern keine bedeutende Auslage verursacht, 2) dasselbe nicht von grofsen und festen Werkstücken, wie bey den Pfeilern, aufgeführt werden könne, und 3) die geringste Abweichung von seinem Stande eine Deformation des Bogens hervor bringen, ja dessen Einsturz bewirken kann, so wird die Vorsicht, vorzüglich bey flachen Bögen, entweder eine gröfsere Stärke als $\frac{1}{4}$ der Bogenweite, oder bey diesem Verhältnifs, Strebepfeiler anrathen, und ich habe bey der Brücke von München, ungeachtet der Gewölbbogen bis zur Fundation hinabgeht, auch oberhalb den Schenkeln die Bögen um das Doppelte verstärkt, wiewohl sie nur 96 Schuh weit sind, und die Widerlager 30 Schuh dick gemacht, weil von der eingestürzten Brücke Ziegelsteine im Ueberflufs vorhanden waren, folglich die Verstärkung wenig kostet, so dafs diese Dicke der Widerlager sich zur Bogenöffnung wie 1 zu 3, 2 verhält. Wenn die Seitenbögen bis zur Fundation hinab gehen, oder das Widerlager durch Strebepfeiler und Strebebögen verstärkt werden, so würde ich auch bey den flachen Bögen immer das Verhältnifs wie 1 : 4 bestimmen.

Auch ist die Verlängerung des Widerlagers in der Richtung des Brückenweges, also die Vergröfserung seiner Dicke, der Auffahrten wegen fast immer nothwendig: denn man mufs diese mit Mauern unterstützen und sie gegen den Absturz sichern. Das zweckmäfsigste Verfahren, wenn der Raum hinter den Widerlagern es zuläfst, besteht also darin: die Dicke der Widerlager $\frac{1}{4}$ von der Bogenöffnung zu machen, rückwärts gegen dasselbe aber Strebepfeiler aufzuführen, und diese gegen das Widerlager mit einem Gewölbe zu verbinden. Das letztere dient dem Widerlager zur Verstärkung, und die erstern verhindern das Nachsinken der Füllmasse, die man zwischen diese Stützmauern der Auffahrten einwirft. Wie diese Methode sehr zweckmä-

ſsig angewendet ist, zeigen die Brücken von Jena (Tab. 130.) und de la Concorde (Tab. 124.) so wie die Brücke von Maxence (Tab. 131.) und Neuilli.

Im entgegengesetzten Fall, d. i. wenn man die Strebepfeiler fehlen läſst, würde ich das Verhältniſs bey Halbkreisen wie 1 : 4, bey gedruckten Korbgewölben wie 1 : 3, 9 und bey flachen Kreisstücken, deren Bogenhöhe ⅛ bis ⅐ der Oeffnung ist, aber wie 1 : 3, 5 bis 3, 2 annehmen. Die Erfahrung bey den Brücken von Westminster, Tours und bey mehrern andern, wo das Verhältniſs bey den stehn gebliebenen als Widerlager dienenden Pfeilern, wie 1 : 5, 5 bis 1 : 4, 4 betrug, rechtfertigt diese Regel *). *La Belye* setzt indessen mit Recht in der Fortsetzung und Verstärkung der Bögen bis zur Fundatiou die vorzügliche Stärke der Brücke von Westminster. Indem er die Bögen, von den Schenkeln ab, viel stärker, als die Höhe des Schluſssteins gemacht hat, hält er sich überzeugt, daſs sie ohne lothrechte Widerlagmauern vollkommen ihren Stand behalten können. Er führt zum Beweise an: daſs, als im Jahr 1747 zwey Seitenbögen des westlichen Pfeilers, der sich gesenkt hatte und dessen Stärke 15 Schuh betrug, abgetragen werden muſsten, der verticale Stand der nächsten Pfeiler und die Lage der Bögen sich um nichts änderte, ja, daſs bey dem Erdbeben von 1749, als die Bögen noch nicht geschlossen waren, die Pfeiler ihren Stand vollkommen behielten. Dies erfolgte zur Bewunderung Einiger und zur Beschämung der Uebelgesinnten und Ignoranten, welche während des Baues der Westminsterbrücke das Gerücht verbreitet hatten, daſs sie ganz einstürzen müsse, wenn man nur einen Schluſsstein aus einem Bogen herausnehmen würde. Man sieht daher, daſs es in *London* wie in *München* Nichtswürdige giebt, welche mit ihrem Geifer die groſsen Unternehmungen zu besudeln bemüht sind. Eben diese Fortsetzung des Gewölbes treffen wir bey der Fleischbrücke zu Nürnberg, bey einigen Brücken in Rom, (Tab. 125.) bey der von Rialto zu Venedig, bey der ohnweit Vicenza (Tab. 129.) bey meinem Entwurfe der Brücke zu Ulm, (Tab. 130.) deren Bogen 170 Schuh weit werden sollte, und bey noch einigen andern Brücken an. Bey dieser letztere verhält sich die Dicke des Widerlagers wie 1 : 4, ohne die ältern als Stützwände dienenden alten Festungs-Mauern *A* und *B* (S. Tab. 133. den Aufriſs) mitzurechnen.

Die Widerlager der Brücke würde ich, wie gesagt, deſswegen in den meisten Fällen stärker machen, als die Pfeiler, weil man ihrer groſsen Masse wegen das Mauerwerk nicht von so guten Steinen aufführen kann, als das der Pfeiler.

§. 395. Wir kommen nun zur Festsetzung der *Höhe des Schluſssteins*, welcher vorzüglich den Druck desjenigen Bogenstückes, welches von der letzten ruhen-

*) Daſs ich bey diesen Bestimmungen die Höhe des vorne senkrecht stehenden Theils der Widerlager nicht berücksichte, geschieht deswegen, weil, je weiter ein Bogen, desto gröſser die Höhe des über denselben aufgeführten Theil vom Widerlager ist; die Mauer-Masse also auch im Verhältniſs ihrer zunehmenden Höhe einen gröſsern verticalen Druck auf den Bogen ausübt, folglich seinen Seitendruck verringert.

den Lage der Gewölbsteine abgeht, auszuhalten hat, während der Bogen sich setzt, und zwar in dem Verhältnifs, als der Bogen weniger oder stärker gedruckt ist. Darüber sind bis jetzt eben so viele Hypothesen, als Schriftsteller über den Brückenbau vorhanden; *Palladio*, *Alberti*, *Serlio* und *Gauthier* haben $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{12}$ der Bogenöffnung zur Höhe des Schlufssteins angenommen, und zwar je nach der Härte der Steine und der Weite des Bogens; *Boffrand* in seiner Architectur giebt dem Schlufsstein eine noch gröfsere Höhe. *Perronet* giebt p. 625. seines Werks, folgende Regel: „Man gebe der Höhe des Schlufssteins $\frac{1}{24}$ der Bogenöffnung", und dieses Verhältnifs findet bey der Brücke von Neuilli und bey mehrern neuen Brücken statt; dasselbe habe ich auch bey der Brücke von *München* (Tab. 133.) gewählt. Bey kleinen Brücken von 36 bis 72 Fufs Bogenweite füge man, nach Perronet, noch 12 Zoll hinzu und ziehe $\frac{1}{144}$ der Oeffnung ab, so dafs also des Schlufssteins Höhe, bey 36 Fufs Bogenweite, 27 Zoll, und bey 72 Fufs, 42 Zoll betragen wird, anstatt sie nach der vorigen Regel nur 36 Zoll ausmacht. Man sieht offenbar, dafs Perronet defswegen die Gewölbsteine kleiner Oeffnungen verhäitnifsmäfsig gröfser bestimmte, als bey grofsen Oeffnungen, weil nach dem obigen Verhältnisse (wie 1 : 24) die Gewölbsteine kleiner Bögen sehr geringe ausfallen würden; und in dieser Rücksicht als in ästhetischer wird es nicht räthlich seyn, die Höhe des Schlufssteins bey den kleinsten Oeffnungen geringer als 20 Zoll zu machen. Aber bey sehr grofsen Oeffnungen wird das Verhältnifs wie 1 : 24 noch zu bedeutend seyn, indem die Steine zu grofs würden, oder man müfste mehrere Gewölbsteine aufeinander setzen. Defswegen hat auch wohl Perronet, bey einem Bogen von 500 Schuh Weite, die Höhe des Schlufssteins zur Oeffnung wie 1 : 75 angenommen; mehrere ähnliche Beyspiele werde ich unten anführen.

Sind die Steine vollkommen hart, so ist das Verhältnifs von 1 : 24, wie wir auch aus der Erfahrug sehen, überflüssig grofs, und ich würde es so, auf diese gestützt, bis zu einer Bogenweite von 140′ bestehen lassen; in Hinsicht, dafs man so grofse Steine als dasselbe bey grofsen Bogenweiten erfordert, nicht bekommen kann, verringere man dasselbe, deswegen habe ich es bey dem Entwurf der Brücke von *Ulm* (T.130.) wie 1 zu 30 angenommen. Wo man indessen auch hiezu nicht Steine von hinreichender Gröfse erhalten kann, mufs man zwey Gewölbe übereinander setzen. So hat man z. B. bey der Brücke von Vieille-Brioude, über den Allierflufs (Tab. 132.) und bey mehrern Brücken verfahren. Die Erbauer dieser Brücke, *Grenier* und *Estone*, gebrauchten zur untern Lage Sandsteine und zur obern Lage Tufsteine. Jede Reihe der Gewölbsteine hat zwey Schuh zur Höhe, so dafs sich die Höhe des Schlufssteins zur Bogenweite wie 1 : 42 verhält. Also haben wir bey diesem gröfsten gewölbten Bogen ein weit geringeres Verhältnifs, als dasjenige von 1 : 24. So verhält sich auch die obere Dicke der 134 Schuh weiten Kuppel des Pantheons zu Rom, zur Weite wie 1 : 33, 5 und diese Weite beträgt 134 Fufs. Merkwürdig ist, dafs diese Kuppel $1\frac{1}{2}$ Fufs überwölbt ist, das heifst, die Höhe dieses Gewölbes beträgt $1\frac{1}{2}$ Schuh

mehr als seine Weite. Es besteht übrigens aus Ziegel. (Siehe *les édifices antiques de Rome, par Desgodetz.*)

§. 396. Daſs man auch bey der Festsetzung der Höhe der Schluſssteine bis jetzt kein sicheres Verhältniſs beobachtet hat, dies beweisen die vorhandenen Brücken vollkommen. Es verhält sich nämlich, bey einigen der merkwürdigsten, die Höhe des Schluſssteines zur Bogenöffnung: bey der Brücke von Neuilly wie 1 : 24; von Orléans wie 1 : 15, 3; von Saumur wie 1 : 15; bey der sehr flach gewölbten Eintrachtsbrücke zu Paris wie 1 : 20; bey der Brücke von Mantes wie 1 : 24; von Pont-Neuf wie 1 : 12, 3; von den Thuillerien wie 1 : 15; bey der Fleisch-Brücke zu Nürnberg, wiewohl ihre Gewölbsteine aus rothen weichen Sandstein bestehen, wie 1 : 24; bey der Brücke von Verona wie 1 : 27, 6; bey der aus Ziegeln zu Toulouse über die Garonne erbauten Brücke, deren mittlerer Bogen 106 Schuh weit ist, wie 1 : 30; bey dem 140 Schuh weiten Bogen der bey Grenoble stehenden Brücke von Claix, wie 1 : 46, 6; bey der Brücke des Têtes über die Durance wie 1 : 26; bey der von Ceret über den Tech, von 139 Schuh Weite, wie 1 : 28; bey der Brücke Ductoire bey Riencros wie 1 : 26; bey der Brücke von Port des Piles wie 1 : 24; bey der unweit Tournon stehenden Brücke wie 1 : 58, 8; bey der über den Herault nicht weit von Nizza liegenden Brücke, deren Bogen 98 Schuh weit ist, wie 1 : 65, 3; bey der Marmor-Brücke in Florenz wie 1 : 65; bey der Brücke von Kiou über die Themse wie 1 : 23; bey der jetzt vollendeten Brücke von Jena wie 1 : 18, 5, und bey der Brücke von Nemours wie 1 : 16, 5.

Also kann sich der Ingenieur mit dem Verhältniſs wie 1 : 24 und 1 : 30 selbst bey den zu ⅓ gedruckten oder Korbbögen, bey hinreichend festen Steinen, begnügen, und bey sehr harten Steinen ein noch etwas kleineres annehmen, wenn dadurch nicht der Bogen ein zu schwaches Ansehen erhält. Man wird nämlich finden, daſs die zu geringe Stärke vom Schluſs eines Gewölbes nicht mehr ästhetisch schön ist, und hierauf sollte doch auch Rücksicht genommen werden. Im Allgemeinen muſs die Länge des Schluſssteines oder die Dicke des Gewölbes zunehmen, in dem Verhältniſs, nach welchem die Sehne des Bogens zu- und die Bogenhöhe abnimmt.

§. 396. Nach allen diesen Betrachtungen, über die Stärke der Pfeiler, der Widerlager, und des Schluſssteins, wird es nützlich seyn: eine Gegeneinandereinstellung der von mir gemachten Bestimmungen mit der in Lesage Mémoires und Rondelets Art de batir aufgenommenen Berechnungen, und den Dimensionen, welche man bey den beſsten Brücken antrifft, aufzunehmen. Nachfolgende Uebersicht enthält diese Parallele.

Weite des Halbzirkel Gewölbes, dessen Schenkel mit Mauerwerk ausgefüllt sind.	Höhe des Widerlagers bis zum Anfang des Bogens.	Höhe des Schluſssteins.		Dicke der Widerlager.		Bemerkungen.	Weite der Brückenbögen.	Höhe des Schluſssteins.		Dicke der Widerlager.		Bey den benannten Brücken finden diese Dimensionen statt.
Fuſs.	Fuſs.	Zoll	Lin.	Fuſs	Zoll		Fuſs	Zoll	Lin.	Fuſs	Zoll	
42	9	29	6	6	8	Nach den Berechnungen Perronets und Chezy. Man sehe die Memoirs par le Sage pag. 250.	120	60	—	30	3	Neuilly.
60	9	42	0	10	2		100	72	0	22	0	Orleans.
96	9	52	0	12	4⅔		120	72	0	27	0	Mantes.
120	9	62	0	15	4		60	54	0	15	0	Saumur.
132	9	67	6	16	5		50	36	0	15	0	Nemours.
40		10	—	3	7⅔	Nach den Berechnungen von Rondelet.	60	36	0	15	0	Moulins.
60		12	6	4	6⅔		86	53	0	30	0	Jena.
90		22	6	8	2⅙		72	64	—	19	0	Tuillerien.
120		30	0	10	11	Nach den von mir angegebenen Regeln.	81	78	—	23	0	Blois.
40		20	0	10	0		72	48	0	18	0	Compiegne.
60		30	0	15	0		72	54	—	18	0	Maixence.
90		45	0	22	6		88	48	—	48	0	de la Concorde.
96		48	0	24	0							
120		60	0	30	0		90	60	—	18	—	Noyent.
132		66	0	33	0							

Auch aus dieser parallele geht demnach hervor: daſs die von mir gegebenen einfachen regeln mit der gröſsten sicherheit in der ausübung angenommen werden können.

§. 397. *Die dicke des schluſssteines und der übrigen gewölbsteine* hat man bis jetzt, wie die zur seite 484. gehörige Tabelle beweiſst, von zwölf bis sechs und dreyſsig Zoll gemacht; das Mittel (24 Zoll) kann man bey gröſsern Bögen anwenden, und bey sehr groſsen diese Dicke zu dreyſsig Zoll annehmen, wie ich bey dem Entwurfe zur Brücke von Ulm gethan habe. Die Dicke der übrigen gewölbsteine mag, wie die Erfahrung zeigt, geringer seyn und kann, bey Werkstücken, acht bis zwanzig Zoll betragen. Bey Brückenbögen von Ziegeln beträgt sie nur 2½ bis drey Zoll. Bey folgenden merkwürdigen Brücken beträgt die Dicke des Schluſssteines und die der übrigen Gewölbsteine; nämlich bey der Brücke von Brioude 36 Zoll und 36 Zoll; bey der von Romans 18 und 18; bey der von Neuilly 24 und 19; bey der von Orléans 18 und 15; bey der von Saumur 24 und 21; von Rosoi 21 und 18; von Compiegne 18 und 18; von Maixence 22 und 20; von Brunoi 12 und 12; von Fontaine drey und zwanzig und sechszehn Zoll.

§. 398. Die *vorköpfe* oder *schnäbel der Brücken-Pfeiler* *) oder auch die *vorpfeiler*, welche ich in dem *obern*- gegen den strom gekehrten und dem *untern*-*vorkopfe* unterscheide, bilden deſswegen wesentliche Bestandtheile einer Brücke, 1) weil sie denjenigen Körper des Pfeilers, auf dem die Bögen ruhen, gegen das Ueberweichen nach den Seiten, sichern, folglich als Stützmauer dienen; 2) weil der obere Vorkopf die Eismassen und das Treibholz vom obern Theil des Pfeilers abhält; 3) die Eisschollen sich daran brechen; 4) die von den Eismassen bewirkten Stöſse dem Bogen selbst nicht eher mitgetheilt werden, bis sie denselben erreichen; das Gegentheil aber Staat finden müſste, wenn dieselben unmittelbar auf die Wurzel der Bögen und auf eine gerade Fläche anfielen; 5) soll der obere Vorkopf den Strom und die Eismassen allmählig von den Seitenwänden des Pfeilers ableiten, und keinen Wassersturz bilden; und endlich 6) soll der untere Vorkopf auch die Unterwaschung des Pfeiler-Endes und der Umgebung verhindern. Aus diesen Sätzen folgt nun: daſs die Form, Länge und Höhe der Vorköpfe dergestalt bestimmt werden müsse, damit diesen Bedingungen entsprochen werden könne.

In so ferne sich an die vordere Wand des Pfeilers die Eismassen brechen, und unschädlich den Strom spalten soll, so muſs sie zuerst betrachtet werden. Bildet diese Wand mit dem Strom einen rechten Winkel, so entsteht vor dem Vorkopfe ein hoher Aufstau der Oberfläche des Stromes, also seitwärts desselben ein förmlicher Wassersturz, und die in die erniedrigte Wasserfläche längs dem Pfeiler fallenden Stromfäden wirken auf die Gründung des Pfeilers gewaltsam. Diese Erscheinung, welche darin besteht, daſs sich die von dem Vorkopf des Pfeilers aufgestaute Wassermasse abwärts, d. i. längs dem Pfeiler senkt, nennt man den Wasserpaſswechsel, der dadurch zu vermeiden ist: daſs der Strom allmählig vom Pfeiler abgelenkt wird. Es muſs also der obere Theil des Pfeilers den Strom nicht gewaltsam spalten, und dieses kann geschehen, wenn man ihn nach einer krummen Linie oder nach zwey Kreisstücken abrundet. Die Versuche über den Widerstand, den das Wasser einen dagegen bewegten Körper entgegensetzt, die ich zum Theil auf meine Kosten angestellt habe, und worüber der 2te Band der ersten Auflage dieses Werkes Seite VI. Auskunft giebt, zeigen, daſs man die Länge der Brückenpfeiler etwa um das sechsfache der Breite zu machen Ursache habe, und daſs ein spitzer unterer Vorpfeiler, das Durchströmen des Wassers durch den Bogen erleichtert; man thut daher gut, die Brückenpfeiler *unten*, nach zwey Kreisstücken abzurunden, wo der Eisgang heftig wirkt, wie es bey der Mühldorfer Brücke (Tab. 124.) geschehen ist. Ferner schieben oder thürmen sich die Eismassen aufeinander, stoſsen an den Pfeiler, ohne seitwärts abzugleiten, erschüttern also das Gewölbe oder die Bögen, und so ist denn, ohne Vorkopf, ein Eisdamm, d. i., eine Eisstopfung von

*) Die Vorköpfe oder Vorpfeiler sind diejenigen Theile eines Brückenpfeilers, welche über die Breite des Brücken-Bogens hinausgehn.

der Brücke, unvermeidlich. Nur wenige Brücken haben so fehlerhaft gebildete Vorköpfe, worunter die von Mazeres und Riencros (Tab. 129.) gehören.

Aus diesen Betrachtungen folgt: dafs auch die mit Ecken gebrochenen Vorköpfe nichts taugen. Die Brücken von Blois, Montignac und Mastricht haben solche Vorköpfe; man sehe Tab. 129. die Grundrisse der Pfeiler. Bildet die vordere Spitze des Vorkopfes ein rechtwinklichtes Dreyeck, so ist zwar der Aufstau vor dem Pfeiler geringer, aber immer bedeutender, als wenn sie ein gleichseitiges Dreyeck macht, und dieses verdient, wegen der Ableitung des Stromes von den Seitenflächen der Pfeiler-Fundation, den Vorzug vor dem rechtwinklichten. Nach dem ersten sind beyde Vorköpfe an der Brücke St. Esprit über die Rhone (Tab. 129.) gebildet. Bey der nach Dreyecken geformten Spitze des Vorkopfes tritt jedoch der Umstand ein: 1) dafs die Eismassen und das Treibholz ihre scharfen Kanten abstossen, und wenn sie nach einer schiefen Richtung darauf fallen, ganze Steinlagen herunter reissen; 2) dafs sie der Brücke kein schönes Ansehen geben, grofse Verlängerungen des Vorfufses vom Pfeiler nothwendig machen, ohne den Pfeiler selbst besonders zu verstärken, und endlich einem heftigen Eisgange keinen hinreichenden Widerstand darbieten.

Werden die Vorköpfe der Pfeiler und besonders die obern nach einem Halbkreise oder nach Ellypsen, wie bey den Brücken von Neuilli, Orlèans, Frouard und bey meinem Entwurfe der Brücke von München, abgerundet, so erhält man zwar dicht vor dem Pfeiler einen höhern Aufstau des Wassers, als beym gleichseitigen Dreyeck, aber das Wasser theilt sich nicht so gewaltsam, und die Stromfäden erreichen nicht mehr die Seitenwände des Pfeilers; schlagen vielmehr an dessen unteren Spitze an, und ist diese auch nach einem Halbkreise oder besser nach zwey Kreisstücken gebildet: so fallen die Stromfäden erst auf eine bedeutende Entfernung vom Pfeiler zusammen. In dem Zwischenraum, welchen sie bilden, legt sich dann eine aus Material bestehende Bank an, die den Pfeiler gegen alle Unterwaschung sichert. Dieser Erfolg ist bey der Brücke von Mühldorf (Tab. 124.) und bey der von mir vor zwey Jahren über die Isar erbaueten Bogenbrücke bey München und allen Umgebungen der Joche von den Bogenbrücken, die ich nach dieser Form habe pflastern lassen, eingetreten. Man kann daher den Obern-Vorkopf eines Brückenpfeilers nach einem Halbkreise oder einer Ellypse bilden, und den untern aus zwey Kreisstücken, deren Radiuse $\frac{3}{4}$ von der Dicke der Pfeiler (Fig. 59. Tab. 154.) oder vollkommen diese Dicke betragen mögen. Giebt man aber dem untern Vorfufs eine Spitze, so construire man auch den untern Vorkopf des Pfeilers nach einem Halbkreise, weil diese Spitze schon den Strom vortheilhaft trennt, und der Halbkreis diesem Vorkopfe mehr Masse giebt, als wenn er aus zwey Kreisstücken gebildet ist; eine Regel, die ich bey den Pfeilern der Münchener Brücke beobachtet habe. Ist der obere Vorkopf nach einem Halbkreise abgerundet, so erhält er vermöge seiner Körpermasse und seiner geschlosse-

nen Form als Halbcylinder, ein vorzügliches Vermögen, die Eisschollen zu zerbrechen, und das Treibholz bleibt daran nicht hangen, weil es von der runden Mauer abgleitet. Führt der Fluſs aber starke Eisschollen, wie z. B. der Rhein, die Weser, die Elbe und Weichsel, so lasse man in des Vorpfeilers vordern Theil *a b* (F. 52. T. 134.) ein sechs Zoll dickes aus Guſseisen bestehendes Prisma *c. d. e. f.* fünf Zoll tief ein, so, daſs es drey Zoll mit einer seiner Kanten *d* heraus stehe. Diese Stange erhalte hinten drey Anker *c. g. i h.*, nämlich oben, in der Mitte und unten. Sie bilden Kreutze, und diese müssen nicht nur in die Mauer des Vorkopfes, sondern in den eigentlichen Pfeiler eingelassen werden, um ein vollkommen sicheres Lager zu erhalten. Das Eis wird sich also auf dieses Eisen *c d* brechen, ohne den Vorkopf des Pfeilers, seiner Stärke wegen, umzuwerfen, und dessen Form wird zur Sicherheit der Brücke beytragen. Solche *Eisschienen* oder *Eisbrecher* können auch angebracht werden, wenn die Spitze des obern Vorkopfes aus zwey Kreisstücken besteht, vor welche er nicht vorstehen, sondern selbst diese Spitze bilden mag. Siehe Fig. 51. Tab. 134. Von diesem Prisma können einige eiserne Bänder *k l* in der Quere abgehen, und die Steinfugen bedecken. Diese Bänder mögen mitten durch das Prisma gehen, worin deſswegen beym Guſs kleine Oeffnungen gelassen seyn sollten.

§. 399. Was die *Höhe der Vorköpfe* von den Brückenpfeilern anbetrift: so sollten ihre lothrechten Wände bis zum Anfang des Bogens, oder einige Schuh darüber; bey heftigem Strom, bis zu den höchsten Wasserständen, hinaufgehen. Der obere Theil sollte mit einem Halbkegel, wenn der Vorkopf rund ist, gedeckt werden; zu dieser Decke wähle man einen groſsen Stein, und lasse ihn 6 bis 12 Zoll vor der lothrechten Mauer vorstehen, und mit einem Stabe oder Wulst endigen, so, daſs er die Wände des Vorkopfes gegen den Regen etwas schützt, und dieselben bekränzt, wie dieſs bey den Brücken von Cravant Tab. 130., von Neuilli Tab. 118., von de la Drome T. 129., von München T. 133. und bey mehrern andern Brücken geschehen ist. Sind die Eismassen besonders heftig und gehen sie über den Anfang der Bögen hinauf, so führe man die Vorpfeiler bis zum Brückenweg, wie ich bey der Mühldorfer Brücke (Tab. 124.) gethan habe, und wie dieſs bey den Brücken von Madrid, Würzburg, Dresden, Westminster, und bey der Londonbrücke zu London geschehen ist! Eine Methode, die nur bey solchen Flüssen, welche einen gefährlichen Eisgang führen, unbedingt nothwendig zu seyn scheint; welche ferner die groſse Fläche, die man bey groſsen Bögen über die Pfeiler erhält, angenehm fürs Auge unterbricht. Sie gewährt die Bequemlichkeit, daſs man auf der Brücke doppelt so viele Plätze als Pfeiler, erhält, worauf Sitzbänke fürs Publikum angebracht werden, oder worauf man Statuen stellt. Auch kann man durch eine solche Erhöhung der Pfeiler, die alten Brücken verstärken und erweitern.

§. 400. Die *Länge der Vorköpfe von den Brückenpfeilern* anbetreffend, so betrage sie in Flüssen, welche keinen Eisgang führen, die Hälfte der Pfeiler-Breite

oder etwas darüber, und sie nehme bis zur doppelten Breite, je nach der Stärke des Eisganges zu, nämlich bey dem Verhältnifs, welches ich für die Breite der Pfeiler, wenn sie nicht Widerlager seyn sollen, festgesetzt habe. Wenn die Pfeiler so stark sind, um als Widerlager zu dienen, so ist zur Länge eines jeden Vorkopfes die Pfeiler-Breite, in allen Fällen, vollkommen hinreichend.

Bey folgenden Brücken beträgt

			die Pfeiler-Dicke	die Länge jeden Vorkopfs
Brücke Fabricius zu Rom	Tab.	125.	30 Fufs	18 Fufs
Engelsbrücke zu Rom	„	125.	20 „	12 „
Brücke von Mautes	„	125.	24 „	16½ „
„ von Tours	„	129.	15 „	13½ „
„ von Orlèans	„	127.	17 „	9 „
„ von Moulins	„	121.	12 „	9 „
„ von Neuilli	„	118.	13 „	10 „
„ von Compiegne	„	129.	12 „	12½ „

§. 401. *Die Oeffnungen, welche bey einigen Brücken über die Vorpfeiler zwischen den Bogen-Schenkeln angebracht sind,* und die man *Brücken-Augen* nennt, trift man unter andern bey der Brücke Fabricius zu Rom, bey der heil. Geistbrücke über die Rhone, bey der Brücke von Toulouse, und bey mehrern Brücken. Sie sollen zur Abführung der Hochgewässer, zuweilen auch zur Erleichterung des Drucks auf die Bogen-Schenkel und auf die Pfeiler, dienen, und dann bringt man auch über diese Gewölb-Schenkel dergleichen Gewölbe an. Zur Erreichung dieser letztern Absicht werden sie zuweilen vorne mit der äufsern Mauerfläche bedeckt, wie es bey der Brücke von Orlèans Tab. 127. Fig. 24. und Westminster bey einigen Pfeilern geschehen ist. Werden die offenen Brücken-Augen zu klein gemacht, so verstopft das Treibzeug und Holz dieselben, wenige befördern also den Abflufs der Hochgewässer! Indessen unterbrechen diese einfach verzierten offenen Gewölbe die grofse Fläche, welche zwischen zwey Flachen-Bögen entsteht, wenn die Vorpfeiler tief endigen. Will man diese Oeffnungen über die Pfeiler nicht anlegen: so könnte man auch Nischen, wie bey der Brücke Senatorius, und mehrern Brücken angebracht sind, machen, ja, aus Bronze oder Eisen gegossene historische Basreliefs in die Seitenflächen der Brücke (über die Pfeiler) einsetzen. Kurz wir sehen, dafs die *Brücken-Augen* nicht wesentlich beym Brückenbau nothwendig sind; daber sie auch nur bey wenig Brücken angebracht wurden. Nur alsdann sind die in den Bogen-Schenkeln des Gewölbes angebrachten hohlen Gewölbe unentbehrlich, wenn die Schenkel zu grofs, d. i. zu schwer sind, folglich den Bogen in der Mitte aufwärts drücken, ein Fall, welcher sie bey der Brücke über den Taaflufs in England nothwendig machte.

§. 402. *Die Auswahl der Bogenlinie zu den Gewölben der Brücken* hängt von mehrern Combinationen ab.

Wiewohl mehrerley krumme Linien zu Brückenbögen angewendet werden könnten: so wird der mit ihrer Ausführung vertraute Ingenieur doch davon überzeugt seyn, daſs man nur 1) den Halbkreis, 2) die Kreisstücke, 3) das aus drey Mittelpuncten gezeichnete Halboval, 4) die aus mehrern Mittelpuncten beschriebenen krummen Linien, und 5) die aus zwey Mittelpuncten gezeichneten Bögen, *mit Vortheil*, dazu gebrauchen könne. Gewölbe, die nach diesen krummen Linien beschrieben sind, heiſsen ad 1) volle *Kreisgewölbe*, ad 2) *Flache-Bögen*, ad 3) und 4) (im Allgemeinen) *Gedruckte-Bögen*. Die Halbovale, deren Bogenhöhe allemal $\frac{1}{3}$ der Oeffnung übertrifft, unterscheidet man indessen von den aus mehrern Mittelpuncten beschriebenen Bögen, welche letztere die Benennung *Korb-Bögen* erhalten haben. *) Endlich gebraucht man auch die Hälfte eines Ovals dergestalt, daſs dessen groſse Axe vertical steht, und dieses Gewölbe vermindert den Seitendruck, und fällt schöner aus, als der gothische Bogen; es heiſst gleichfalls ein *Ueberwölbter-Bogen*, den man zum Unterschiede vom Gothischen einen *Ueberwölbten-Ovalbogen* nennen könnte. **) Unter allen krummen Linien der Art verdienen indessen die Kreisstücke, wenn man ihre gröſste Ordinate nicht geringer als ein Achttheil der Sehne macht, zu den Brückengewölben den Vorzug vor allen andern. Man kann sie der geringen Bogenhöhe wegen, hoch anfangen lassen, folglich dem Durchgang des Stromes ein groſses Profil darbieten, und viel an Mauerwerk ersparen, also damit bedeutende Vortheile erreichen, und daneben ist die Ausführung nicht so kostbar, als bey denen aus mehrern Mittelpuncten beschriebenen *Gedruckten-Bögen*. Vorzüglich schön sind die flachen Bögen, wenn man ihre Höhe nur ein Viertheil bis zu einem Achttheil der Oeffnung construirt, wie die Fleischbrücke zu Nürnberg Tab. 131., die bedeckte zu Florenz (Tab. 129.), die Brücke von Jena (Tab. 130.), und mehrere solche in diesem Werke beschriebenen, aus so gewählten Bögen bestehende Brücken, beweisen. Macht man sie aber flächer als $\frac{1}{8}$, so verliert der Bogen nicht blos an Stärke, sondern auch an Schönheit; ein Vergleich der Brücke von *la concorde* (Tab. 124.), mit der von *Jena* Tab. 130. giebt hierüber den beſsten Beweis; denn jedermann wird eingestehen: daſs die Bögen der letztern Brücke schöner, als die der erstern geformt sind. Man kann daher, je nachdem die Höhe des Gewölbgipfels und die Anfänge der Bögen über den Wasserstand gegeben sind, die gröſste Ordinate oder Bogenhöhe eines Kreisstückes so abwechseln lassen, daſs sie etwas unter $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{8}$ der Bogenöffnung, aber nicht weniger als dieſs letzte Verhältniſs zuläſst, abnehme; ja zu $\frac{1}{8}$ sollte man sich nur dann entschlieſsen,

*) Die Ausbauchung und der gedruckte mittlere Theil des Bogens hat die Veranlassung zur Benennung „arche en anse de panier", *Korbbogen* gegeben. Seine Form ist derjenigen der gewöhnlichen aus Weiden geflochtenen Handschwingen (eine Art von Körben) ähnlich, welche man auf französisch paniers nennt; anse heiſst der seitwärts ausgebauchte Theil eines solchen Korbes, woran man ihn hält.

**) Unter *Ueberwölben* wird verstanden, wenn die Bogenhöhe gröſser als die Hälfte seiner Weite ist.

wenn die Bogenweite und Uferhöhe keine gröſsere Bogenhöhe gestattet, wiewohl einige Brücken noch flächere Bögen erhalten haben; man sehe deswegen die zur 484. Seite gehörige Tabelle.

Was die aus mehrern Mittelpuncten beschriebene *Korblinie*, die wir bey vielen neuen Brücken, zur Innern-Gewölbfläche angewendet finden, und die eine Ausbauchung oberhalb ihren Anfängen, das ist in den Schenkeln der Gewölbe, bildet, folglich dem Strome (in Beziehung auf die Weite des Bogens und seiner Höhe) das gröſste Durchgangsprofil unter den übrigen Gewölblinien darbietet, anbetrifft: so ist es nicht ihre Verzeichnungsart, welche die Einführung davon nicht allgemein werden lieſs, sondern folgende dabey eintretende Rücksichten. 1) Kann man den Scheitel dieser Korbgewölbe nicht gedruckter als ein Viertheil der Oeffnung machen, ohne für die Stabilität der Gewölbe besorgt zu seyn, und dennoch erfordert oft die Lage der Ufer einige geringere Bogenhöhe. 2) Nur wenige Brücken-Bögen der Art sind zu $\frac{1}{4}$ gesenkt, worunter die von Neuilly gehört, die mehrsten zu einem Drittheil, viele noch weniger, aber die Dreyeinigkeitsbrücke zu Florenz hat zu ihrer Höhe nur $\frac{1}{7}$ der Bogenweite, welches nicht nachgeahmt zu werden verdient, weil der Bogen zu gedruckt ist. Ja! man behauptet, daſs sich die Bögen dieser Brücke stark gesetzt haben, dabey anfänglich eine gröſsere Bogenhöhe statt gefunden habe, und um dieſs dem Auge zu entziehen, beym Schluſsstein breite Marmortafel angebracht worden seyn. 3) Erfordern die Korbgewölbe schon deswegen mehr Mauerwerk als Flache-Bögen. 4) Kann man sie aus der in Nro. 1. angegebenen Ursache nicht so hoch anfangen lassen; was man also für das Stromprofil mit der Ausbauchung gewinnt, verliert man an der tiefen Senkung der Gewölbanfänge oder Schenkel, folglich sind sie dem Anfall der Eismassen und des Treibholzes mehr als die Kreisstücke ausgesetzt. 5) Kann man die Steinschnitte nicht nach einem Mittelpunct ziehen, sondern man muſs sie nach und nach, allen Mittelpuncten gemäſs, bestimmen, weil in der Regel jede Gewölbfuge senkrecht auf die innere Gewölbfläche stehen muſs, und hieraus wird eine kostbare Ausführung unvermeidlich. Daher ist der Bogen nach der natürlichen Gröſse auf eine gemauerte mit Gyps übergossene Fläche aufzutragen, und für die verschiedene Mittelpuncte habenden Gewölbsteinreihen eigene Chablone zu verfertigen. Ja man kann für Korbgewölben, die nach groſsen Radien gemacht werden sollen, die Verzeichnung der Bogenstücke auf einer Gypsfläche, mittelst ihrer Radien, nicht einmal anwenden, sondern ist genöthigt, die Ordinate zu berechnen, und eine mechanische Constructions-Methode zu Hülfe zu nehmen, welches Verfahren auch Perronet hat anwenden lassen, und das bey der Beschreibung von der Curve der Brückenbögen zu Neuilly angeführt werden soll. Man sieht daher, wie viel Mühe, Zeit, Geld und Aufmerksamkeit die Ausführung der Korbgewölbe erheischt. Dahingegen kann man die Gewölbsteine der Halbkreise, Kreisstücke und solcher Bögen,

welche nur aus drey Mittelpuncten beschrieben sind, einer Werkzeichnung gemäfs, behauen, welche dem Längenmaafse nach, ein Zehntheil der wahren Gröfse angiebt.

Indessen bleiben die aus mehr als drey Mittelpuncten construirten Bögen noch sehr empfehlungswerth: eines Theils, weil man eine Abwechslung in der Brückenbaukunde haben mufs, andern Theils, weil sie den Brücken ein schönes Ansehen geben, und besonders diejenigen Theile eines Bogens, welche von der über den Gewölbschenkeln stehenden Mauer gedruckt werden, sehr verstärken. Bey allen Brücken, deren Bögen wegen dem Strom- und Eisgange hoch anfangen müssen, und dennoch nicht so hohe Auffahrten erhalten können, als solche Gewölbe erheischen; wähle man lieber Kreisstücke, die, wenn ihre mittlere und gröfste Ordinate nicht geringer als ⅜ der Bogenöffnung beträgt, noch eine schönere Bogenform als Korbgewölbe darbieten; zumahl wenn man den Bogen mit Ausschnitten (Kuhhörnern) versieht, womit man die scharfen Kanten vermeidet.

Unter den Korbgewölben haben mehrere Ingenieurs ein Halboval oder nur aus drey Mittelpuncten construirte Bögen verstanden, wie z. B. die Brücke von Orléans, und solche Form ist fast eben so empfehlungswerth, und wie gesagt, leichter und wohlfeiler auszuführen, als die aus mehrern Mittelpuncten construirten Bogen, die man eigentlich Korbgewölbe nennt. Die allgemeine Eigenschaft ihrer Krümmung oder der Korblinien, wonach sie construirt werden, besteht darin: dafs die Tangente an ihren beyden Enden vertical, und im Scheitel horizontal ist, und die Puncte, wo zwey verschiedenartige Kreisstücke zusammen stossen, keine Ecken bilden, sondern eine und dieselbe Tangente haben. Dabey kömmt es vorzüglich darauf an, dafs die gesammte Bogenlinie ohne harte Brechungen gebildet sey, folglich nach einer schönen Krümmung fortläuft; eines Theils in ästhetischer und andern Theils in statischer Beziehung, wegen dem Gleichgewicht aller Gewölbsteine.

Aber auch die gothischen Bögen und die *ueberwölbten Ovalbögen* können zur Abwechslung, besonders daselbst gewählt werden, wo Schiffe mit Masten unter der Brücke durchgehen, und der Brückenweg (in Beziehung auf die Ufer) hoch genug gelegt werden kann; im entgegen gesetzten Fall verengen sie das Stromprofil der über ihre Anfänge hinauf steigenden Hochgewässer. Diesen Umstand kann man aber durch die über die Pfeiler gemachten offenen Gewölben vermeiden. Die schönste Brücke mit gothischen Bögen steht zu Pavia über den Tessin (Tab. 129.); schon sie zeigt das Leichte und Kühne dieser Construction! Zu der Wahl dieser Bögen räth zuweilen der Umstand: dafs dieselben unter allen Gewölben den geringsten Seitendruck auf die Pfeiler und Widerlager ausüben, wenn eine hinreichende Höhe für den Fahrweg der Brücke vorhanden ist. Ja man wird diese Construction in diesem Fall, wenn nur mit Ziegel gebaut werden kann, auch die Schiffe unter die Brücke durchfahren sollen, anzuwenden versucht seyn.

Die Geometrie bietet zwar noch mehrere krumme Linien: als z. B. die Parabel, Hyperbel, Cycloide, die Kettenlinie, Cassinoide, Conchoide u. m. dar, aber eines Theils bilden sie nicht schöne Formen, andern Theils ist die Ausführung der Lehrgerüste und Gewölbe darnach zu beschwerlich, und endlich gewinnt man dabey für die Festigkeit nicht so viel, welches ein Ersatz für die Mühe, den Geldaufwand und der Aufopferung der Schönheit des Bogens, seyn könnte. Da indessen eine bildliche Vergleichung dieser verschiedenen krummen Linien in diesem Werke aufgenommen zu werden verdient: so sind diese nebst der Kreislinie in Fig. 18. Tab. 134. auf eine und dieselbe Höhe, welche sich zur Bogenweite wie 3, 14 : 1 verhält, dargestellt. Aus dieser Figur ergiebt sich folgende merkwürdige Stufenfolge: die Cassinoide, Ellypse, Cycloide, Kreislinie, Kettenlinie, Conchoide, Parabel, Hyperbel, so dafs, wenn man die zwitterartige Conchoide, welche mit der Parabel, Kettenlinie und Kreislinie, theilweise zusammen fällt, in der Reihe der Curven nicht mitzählt, die Kreislinie, dem Raum und der Ordnung nach, in der Mitte sich befindet. Wie man diese Curven durch Abwickelung eines Fadens von irgend einem Polygon oder einer Curve erzeugen könne, hat La Croix p. 120 — 154. in seinem Traité élémentaire de calcul différentiel et de calcul integral gezeigt.

Was die aus mehrern Mittelpuncten verzeichneten Brückenbögen anbetrifft: so wurden anfänglich die Brücken della Trinità zu Florenz, Toulouse, und in den letzten Zeiten die Brücken von Saumur, Nogent, Mantes, Neuilly und mehrere Brücken danach construirt. *Chezy* gab zuerst in dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts eine Formel zur Construction eines Korbgewölbes, welches aus Eilf Mittelpuncten beschrieben wird, und *Perronet* theilte sie in seinen Oeuvres mit. Darnach hat *Cessart* in seiner Description des travaux hydrauliques Tome I. pag. 142. eine Tabelle geliefert, welche deswegen in der Folge aufgenommen wird, weil die nach ihr construirten Bogenlinien unter den übrigen Korblinien die schönste und vortheilhafteste in Hinsicht der Stabilität des ihr gemäfs aufgeführten Gewölbes ist. Auch der verstorbene Ingenieur und Professor *Müller* zu Göttingen, hat über die Verzeichnung grofser Gedruckter-Bögen (1792) eine schätzbare Abhandlung geschrieben; *Rondelet* in seinem Traité theoretique et pratique de l'art de bâtir; *Gauthey* in seinem Traité de la construction des ponts; *Bossut* in der Encyclopädie methodique; *Berard* in seiner Statique des voûtes; *Gruson* und *Hobert* in den Sammlungen nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend, und mehr andere Schriftsteller, haben von den Korblinien gehandelt.

Der bey der königl. General-Direction des Wasser-, Brücken- und Strassenbaues angestellte Ingenieur von *Kammerloher* hat die Mühe übernommen, nicht nur Auszüge aus demjenigen, was wir über die befste Verzeichnung wirklich ausgeführter Korbgewölbe und Gedruckten-Bögen haben, zu machen, sondern auch eigene Bemerkungen und analytische Darstellungen hinzu zu fügen, welche ich jetzt hier aufnehme.

§. 403. Die Entstehung der Korblinien kann man sich auf folgende Weise vorstellen. Es sey Fig. 19. (Tab. 134.) A der Anfang eines Brückengewölbes, S der Schlufs, OS die Bogenhöhe; denken wir uns nun ein Polygon $A\,A^{I}\,A^{II}\,A^{III}\,A^{IV}\,T$ von irgend einer Anzahl Seiten, wovon die erste $A\,A^{I}$ auf der Bogen-Oeffnung, und der Endpunct der letzten $A^{IV}T$ auf der abwärts verlängerten Bogenhöhe genommen wird; so wird ein um dieses Polygon gewundener Faden, bey seiner Abwickelung von A nach T, nach und nach mehrere Kreisbögen $A\,M$, $M\,M^{I}$, $M^{I}\,M^{II}$, $M^{II}\,M^{III}$, $M^{III}\,S$, deren Mittelpuncte in A^{I}, A^{II}, A^{III}, A^{IV}, T sind, beschreiben. Ein gleiches Polygon wird auf der andern Seite der Bogenhöhe, den vorhergehenden ganz gleiche und symetrische Bögen erzeugen, und alle Bögen auf beyden Seiten zusammen werden eine sogenannte Korblinie bilden. Eine solche Korblinie ist daher nichts anders, als die Bahn, welche das eine Ende eines von einem Polygon, dessen erste und letzte Seite horizontal, und dessen Winkel bis auf den mittlern alle auswärts gerichtet sind, sich ab- und auf der andern Seite aufwickelnden Fadens beschreibt. Ein so zusammen gesetzter Bogen gleicht einer halben Ellipse, insofern er auf die Linie der Bogen-Oeffnung und Höhe perpendiculär ist.

Man wird einsehen, dafs man auf dieselbe Basis und dieselbe Höhe unendlich viele Korblinien verzeichnen könne. Diese Aufgabe ist sehr unbestimmt, da die Zahl und Lage der Mittelpuncte sehr variabel ist; kann aber ganz oder zum Theil bestimmt werden, je nachdem man sie gewissen Bedingungen unterwirft, z. B. dafs die zu ziehende Curve durch gegebene Puncte gehe, die verschiedenen Bögen eine gegebene Anzahl Grade oder die Krümmungsradien gewisse Verhältnisse zueinander erhalten, dafs das Krümmungsverhältnifs der verschiedenen Bögen das möglich kleinste, oder die Oeffnung der ganzen Korblinie die möglich gröfste sey etc. In allen Fällen soll aber der Radius des Scheitels niemals die doppelte Weite der Korblinie erreichen. Sollten besondere Umstände diese Regel nicht zulassen, so müfste man die Fugenschnitte im Scheitel nach einem näher gelegenen Mittelpunct ziehen, oder den Scheitel überwölben. (Gauthey Tom. I. p. 247.) Das, was in dem folgenden vorgetragen wird, ist mehr als hinreichend, um uns in allen Fällen zum Führer zu dienen.

I. Von den Korblinien aus drey Mittelpuncten. a) *Unter der Bedingung, dafs jeder der 3 Bögen 60 Grade habe.*

Es sey (Fig. 20.) die Weite $A\,a = 2\,b$, die Höhe $S\,O = h$ gegeben, der kleine Radius $A\,A^{I} = a\,a^{I} = a^{I}\,m = A^{I}\,M = r$; so ist der Winkel $M\,A^{I}\,A = m\,a^{I}\,a = M\,T\,m = 60°$, und da $M\,A^{I}\,A = a^{I}\,A^{I}\,T$, $m\,a^{I}\,a = A\,a^{I}\,T$, das Dreyeck $A^{I}\,T\,a^{I}$ gleichseitig, $A^{I}\,a^{I} = A^{I}\,T = a^{I}\,T = 2\,b - 2\,r$, $O\,a^{I} = b - r$, folglich $O\,T^{2} = (2\,b - 2\,r)^{2} - (b - r)^{2} = 3\,(b^{2} - 2\,b\,r + r^{2})$ und $O\,T = (b - r)\sqrt{3}$. Ferner ist $T\,S = T\,O + O\,S = T\,a^{I} + a^{I}\,m = T\,a^{I} + a^{I}\,a$, also $(b - r)\,.\,\sqrt{3} + h = (2\,b - 2\,r) + r$, folglich $r = \dfrac{b + h \pm (b - h)\,.\,\sqrt{3}}{2}$, wo man aber,

wie sogleich in die Augen fällt, das verneinte Zeichen vor der Irrationalgröſse allein gebrauchen, mithin $r = \frac{b + h - (b - h) \cdot \sqrt{3}}{2}$ annehmen muſs. Für den gröſsern Radius $= R$ erhält man $TS = Ta^{1} + a^{1}m = (2b - 2r) + r = 2b - r = \frac{3b - h + (b - h) \cdot \sqrt{3}}{2}$. Da $\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,8660 \ldots$ so ist der kleinere Radius $= \frac{b + h}{2} - (b - h) \cdot 0,8660 \ldots$ und der gröſsere $= \frac{3b - h}{2} + (b - h) \cdot 0,8660 \ldots$ Man bemerke, daſs bey der angenommenen Bedingung die Summe beyder Radien stets gleich der Weite Aa des ganzen Bogens ist, und diese Uebereinstimmung den Berechnungen der Radien zur Controlle ihrer Richtigkeit dienen kann.

Begreiflich findet diese Bedingung bey *abnehmenden* h nur bis zu einem gewissen Verhältniſs Statt, wobey zugleich r immer kleiner und kleiner wird. Für $r = 0$ wird $h = b \cdot (2 - \sqrt{3})$, welches der bekannte Ausdruck für den Abstand der Sehne von 60° von ihrem Bogen ist. In diesem Fall fallen die Puncte m und a, M und A in einen Punct zusammen, und die Korblinie wird ein einziges Kreisstück. (Fig. 21.) Es ist daher unmöglich, über Höhen, welche so groſs oder gar kleiner als $b\,(2 - \sqrt{3}) = 0,268 \cdot b$ Korblinien aus 3 Zirkelstücken, deren jedes 60° hält, zu bestimmen.

Die geometrische Bestimmung der zu den berechneten Radien gehörigen Mittelpuncte hängt davon ab: auf der Sehne oder Weite Aa des Bogens, den kleinen Radius $AA^{1} = aa^{1} =$ der berechneten Gröſse abzuschneiden, und über $A^{1}a^{1}$ ein gleichseitiges Dreyeck $A^{1}Ta^{1}$ zu entwerfen. Die Puncte A^{1}, T, a^{1} werden die gesuchten 3 Mittelpuncte seyn.

Gauthey giebt auch die Berechnung dieser Art Korblinien, setzt aber $A^{1}O = x$; daher $AA^{1} = b - x$ und die Form seiner Gleichungen für die Radien, sowie deren Verzeichnung von der Angegebenen verschieden ist.

b) *Unter der Bedingung, daſs* (Fig. 20.) $A^{1}O : OT = 3 : 4$ *sich verhalte.* Man behalte die vorigen Bezeichnungen bey, setze aber $A^{1}O = x$, so ist $A^{1}O : OT = 3 : 4 = x : \frac{4}{3}x$, also $OT = \frac{4}{3}x$ und $A^{1}T = \sqrt{x^2 + (\frac{4}{3}x)^2} = \frac{5}{3}x$ $AA^{1} = b - x$, $AA^{1} + A^{1}T = SO + OT$, daher $b - x + \frac{5}{3}x = h + \frac{4}{3}x$, und $x = \frac{3\,(b - h)}{2}$, der kleine Radius $AA^{1} = b - x = \frac{3\,h - b}{2}$, und der gröſsere $TM = AA^{1} + A^{1}T = b - x + \frac{5}{3}x = 2\,b - h$.

Trägt man SO aus O in e, so ist $Ae = b - h$. Theilt man Ae in 2 gleiche Theile, deren jeder $= \frac{b - h}{2}$, und setzt man drey solcher Theile $= \frac{3\,(b - h)}{2}$

aus o in A^I, und vier aus o in T, so sind die Mittelpuncte der verschiedenen Radien gefunden, und die Korblinie kann sonach verzeichnet werden. Man sieht aus der Formel für den kleinen Radius, daſs die Anfangs angegebene Bedingung nur bey solchen Höhen h statt finden könne, welche $> \frac{b}{3}$ sind, denn bey $h = \frac{b}{3}$ wird der kleine Radius $A A^I = o$.

c) *Es soll eine Korblinie aus drey Mittelpuncten so verzeichnet werden, daſs, wenn die Höhe $A C$ auf der Weite von B nach ϱ, und der dritte Theil von ϱC, von ϱ aus in F getragen wird, $B F$ als der kleinere Radius angenommen werde.* (*Siehe Fig.* 37. *Tab.* 130.) Nach dieser Vorschrift ist die Curve, wornach die Brückenbögen von Nantes gebauet werden sollten, von Hupeau angegeben worden. Nachdem man die gegebene Höhe $A C$ auf der gleichfalls gegebenen Weite von B nach ϱ getragen, ϱC in drey gleiche Theile getheilt, und einen dieser Theile von C nach I und von ϱ nach F abgesteckt hatte, verband man die 2 Puncte F und I durch eine unbestimmt gezogene Linie $L K$, steckte von den Puncten I und F aus die willkührlich aber gleich langen Linien $I K$, $I R$, $F L$ ab, beschrieb aus F als Mittelpunct und in der Entfernung $L F$ einen Zirkelbogen auf der Seite von M, aus L und mit dem Radius $K R$ einen zweyten Zirkelbogen, welcher den ersten im Puncte M schnitt. Durch die Puncte M und F zog man die Linie $U S$, ihr Durchschnittspunct O auf der Linie $A T$ bestimmte den Mittelpunct des gröſsern Radius. Man machte $F E = F B$, und erhielt so den Uebergangspunct E der zwey verschiedenen Bögen. Kürzer hätte man den Punct O finden können, wenn man aus H, der Mitte von $F I$, den Perpendikel $H O$ herabgefällt hätte. Es ist offenbar, daſs diese Methode eine der Hauptbedingungen der Korblinie, nämlich, daſs $B F + F O = A O$, erfüllt, indem $B \varrho = A C$, $F \varrho = I C$, daher $B \varrho - F \varrho = A C - I C$ oder $B F = A I$ und $F O = I O$, mithin $B F + F O = A I + I O = A O$ ist.

Nach dieser Construction war es leicht, den Werth der Bögen, sowie die Länge ihrer Radien zu bestimmen. Man kannte nämlich in dem Dreyeck $F C I$ die 2 Seiten $F C$, $I C$ und den davon eingeschlossenen rechten Winkel, und berechnete darnach die zwey andern Winkel und die Seite $I F$. Da in den zwey gleichen und ähnlichen Dreyecken $R I K$, $L M F$ der Winkel I dem Winkel F gleich ist, und daher auch der Winkel $O F I$ dem Winkel $F I O$; so ist das gleichschenklichte Dreyeck $F I O$ vollkommen bekannt. Man fand durch Rechnung den Werth des groſsen Bogens $E F$ zu 56° 8′ 44″, die Länge seines Radius zu 96 Fuſs den Werth jedes der kleinern Bögen zu 61° 55′ 38″ und ihrer Radius zu 28 Fuſs.

d) *Unter der Bedingung, daſs die Krümmung der 3 einzelnen Zirkelstücke die möglichste Gleichförmigkeit erhalte.* Diese Bedingung wird erreicht, wenn das kleinste, geometrische Verhältniſs des kleinen Radius zum gröſsern genommen wird. Da (Fig. 20. Tab. 134.) $A A^I = r$, $A^I O = b - r$, $O T = R - h$, $A^I T = R - r$,

und $(b - r)^2 + (R - h)^2 = (R - r)^2$; so ist $R = \frac{b^2 + h^2 - 2br}{2h - 2r}$. Wird nun für $\frac{R}{r} = \frac{b^2 + h^2 - 2br}{2hr - 2r^2}$ das Minimum vermittelst der Differential-methode gesucht, so findet man für diesen Fall $r = \frac{b^2 + h^2 \pm (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2b}$ und die Substitution dieses Werthes von r in dem obigen Ausdruck für R giebt $R = \frac{b^2 + h^2 \mp (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2h}$. Der Zweck unsrer Aufgabe, worin b immer $> h$ und die 3 Zirkelbögen gegen die obere Seite der Sehne $A\,a$ concav seyn müssen, läſst nur denjenigen der 2 Werthe von $x\ r$ zu, der das Zeichen — vor der Wurzelgröſse hat, nämlich $r = \frac{b^2 + h^2 - (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2b}$. Der diesem r entsprechende Werth von R ist mithin $R = \frac{b^2 + h^2 + (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2h}$. Diese Manier, Korblinien zu verzeichnen, findet statt, es mag h welch immer für ein Verhältniſs zu b haben. Für $b = h$ wird $r = R = b = h$, und dieser spezielle Fall giebt unter allen den zwischen b und h möglichen Verhältnissen der Krümmung den höchsten Grad der Gleichförmigkeit. Ist $b < h$, so fällt der Mittelpunct des Radius R oberhalb der Sehne $A\,a$ hinauf, und R wird $< r$.

Die geometrische Bestimmung der Mittelpunkte der Radien r und R geschieht so. Man ziehe die gerade Linie $A\,s$, mache $o\,e = o\,s$, trage $A\,e$ von s nach f auf $s\,A$ und ziehe durch die Mitte g von $A\,f$ die senkrechte Linie $g\,A^1\,T$ unbestimmt. Der Durchschnittspunkt derselben mit der Sehne $A\,a$ bestimmt den Mittelpunkt A^1 des äussern Bogens $A\,M$, und mit der verlängerten Höhe $s\,o$ den Mittelpunkt T des mittlern Bogens $M\,s\,m$. Die Lage des dritten Mittelpunktes a^1 ist mit dem in A^1 ganz symmetrisch, daher jeder der Mittelpunkte der 3 Radien bekannt. Diese angegebene Verzeichnung stimmt ganz mit den Werthen von r und R überein; denn $A\,f$ ist $= \sqrt{b^2 + h^2} - (b - h)$, aus den ähnlichen Dreyecken $A\,o\,s$, $A\,g\,A^1$ erhält man $A\,O : A\,S = A\,g : A\,A^1$, also $r = A\,A^1 = \frac{b^2 + h^2 - (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2b}$

Die ähnlichen Dreyecke $A\,O\,S$, $T\,O\,A^1$ geben $O\,S : A\,O = A^1\,O : O\,T$, daher $O\,T = \frac{b^2 - h^2 + (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2h}$ und $R = S\,T = \frac{b^2 + h^2 + (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2h}$.

Nach dieser Methode, welcher die Bedingung der gröſsten Gleichförmigkeit zum Grunde liegt, ist der Bogen von der ungefähr 48′ weiten und 18′ hohen Brücke, welche 1766 zu Mezieres über den Graben von der Courtine des Hornwerkes auf der Insel St. Julien erbauet ist, gezeichnet worden.

e) *Wie man unter jeder Bedingung, welche sowohl eine der bereits angeführten drey, als eine andere seyn mag, oder auf eine allgemeine unbedingte Art die Korblinien aus drey Mittelpunkten berechnen könne*, zeigt folgende Auflösung. Man setze (Fig. 20.) $o\,a^1 = y$, $o\,T = x$, so ist $T\,a^1 = \sqrt{y^2 + x^2}$, $a^1 a = b - y$, $T\,m = T\,s = h + x$, folglich, weil $T\,a^1 + a^1 a = T\,m$, $\sqrt{y^2 + x^2} + b - y = h + x$, daher $x = \frac{(b - h)\,(h - b + 2\,y)}{2\,(h - b + y)}$, und der kleine Radius $a^1 a = A\,A^1 = r = b - y$, der größere $T\,m = T\,s = T\,M = R = h + \frac{(b - h)\,(h - b + 2\,y)}{2\,(h - b + y)} = \frac{h^2 - b^2 + 2\,b\,y}{2\,(h - b + y)}$.

Man sieht, daſs die Gleichung $T\,a^1 + a^1 a = T\,m$ unzählige Arten von Korblinien zuläſst, und mit allen Bedingungen, welche bestimmte Werthe von y oder gegebene Verhältnisse zwischen y und x, y und R, x und r oder R und r etc. an sich tragen, übereinstimmt. Jedesmal muſs aber $h > b - y$ oder r seyn, denn für $h = b - y$ wäre $x = \frac{y^2}{o} = \infty$, hingegen für $h < b - y$ würde x verneint, dies gäbe eine Linie, die für unsern Zweck ganz unbrauchbar wäre.

f) *Eine andere Auflösung dieser unbestimmten Aufgabe ist diese.* Man nehme (Fig. 20.) irgend einen Theil $s\,s^1$ von der Höhe $s\,o$, trage ihn von A in A^1, ziehe die Linie $A^1\,s^1$ und errichte auf ihrer Mitte t den Perpendikel $t\,T$, so wird dieser mit der verlängerten Höhe in T sich schneiden, und der Punct T der Mittelpunct des mittlern Bogens $M\,m$, so wie A^1 der des äuſsern Bogens $A\,M$ seyn. Diese Construction giebt $A^1\,T = s^1\,T$ und $A\,A^1 = s\,s^1$, also $A\,A^1 + A^1\,T = s\,T$ welches die allgemeine Bedingung der Korblinien ist. Es ist nicht zu erinnern nöthig, daſs der Punct s^1 auf der Linie $s\,o$ nach Willkühr genommen werden kann, ein Umstand, welcher die Unbestimmtheit der Auflösung oder die Möglichkeit der unzähligen, individuellen Arten von Korblinien innerhalb den zwey Grenzen $A\,A^1 = o$ und $A\,A^1 = s\,o$, enthält. Diese zwey Extreme sind in (Fig. 21. und 22.) dargestellt, in deren letztern $A\,M$ ein Bogen von 90° und $M\,m$ geradlinigt ist, und wodurch zugleich der möglich gröſste Raum umspannt wird; daher eine Korblinie dem Wasser desto mehr Oeffnung darbiethet, jemehr sie sich dieser Grenzfigur nähert. Die analytische Wechselbestimmung der 2 Radien r und R ergiebt sich, indem $A^1\,T = \sqrt{(b - r)^2 + (R - h)^2}$, und $A\,A^1 + A^1\,T = s\,T = r + \sqrt{(b - r)^2 + (R - h)^2} = R$, also $R = \frac{b^2 + h^2 - 2\,b\,r}{2\,h - 2\,r}$. Diese Gleichung giebt für $r = o$ (Fig. 21.) $R = \frac{b^2 + h^2}{2\,h}$ und zugleich den Beweis, daſs r niemals $> h$ werden kann, weil schon, bey $r = h$ also $2\,h - 2\,r = o$, R unendlich wird (Fig. 22.) Diese nämliche Bemerkung folgerte aus der vorhergehenden Auflösung.

Das Verhältnifs zwischen dem kleinen Radius r und dem Winkel $A A^{\mathrm{I}} M = A^{\mathrm{I}}$ wird so gefunden. $O T = \frac{\sin. A^{\mathrm{I}}}{\cos. A^{\mathrm{I}}} (b - r)$, $A^{\mathrm{I}} T = \frac{b - r}{\cos. A^{\mathrm{I}}}$, $A A^{\mathrm{I}} + A^{\mathrm{I}} T = s T$ $= R = r + \frac{b - r}{\cos. A^{\mathrm{I}}} = h + \frac{\sin A^{\mathrm{I}}}{\cos. A^{\mathrm{I}}}, (b - r)$, daher $r = \frac{h \cos. A^{\mathrm{I}} + b \sin. A^{\mathrm{I}} - b.}{\cos. A^{\mathrm{I}} + \sin. A^{\mathrm{I}} - 1}$

Wir sehen, dafs, jemehr sich der Winkel A^{I} dem rechten annähert, desto gröfser auch R und der Raum für den Durchgang des Wassers wird. Allein die Rücksichten der Eleganz und Festigkeit fordern, dafs R und r nicht zu sehr von einander verschieden sind.

Drey besondere Arten von Korblinien, deren Weite zur Höhe wie $\frac{s c}{2}$ 2,6403 ··· : 1; 2, 8288 ··· : 1; 2, 6455 ··· : 1 sich verhält, sind mit ihren obern und untern Hälften in Fig. B, C, D Tab. 134. nebst ihren Verzeichnungsarten dargestellt. Sie sind die drey Arten der sogenannten Ovale, welche von verschiedenen Künstlern häufig angewendet werden.

II. *Von den Korblinien aus fünf Mittelpuncten.*

So grofs, ja unendlich die Zahl der verschiedenen Korblinien ist, welche man über dieselbe Weite und dieselbe Höhe aus drey Mittelpuncten beschreiben kann; so ist dennoch die Zahl derjenigen, welche aus fünf Mittelpunkten möglich, viel gröfser. Diese Gattung von Korblinien kann, wie die erstere, verschiedene Bedingungen unterworfen werden. Wir wollen hiervon die wichtigsten in Betrachtung ziehn.

a) Die Bedingung, dafs bey der gegebenen Weite und Höhe, der erste oder Anfangsbogen $A M = a m$ (Fig. 23.) *in Graden bestimmt ist*, erfordert: 1) dafs der Umfang des Polygons $A A^{\mathrm{I}} A^{\mathrm{II}} T = S T$ und 2) dafs dieses Polygon lauter auswärts gehende Winkel habe. Man nehme daher ein Stück $s s^{\mathrm{I}}$ von der Höhe $s o$ und trage es von A nach A^{I}; so wird A^{I} der erste Mittelpunct seyn; alsdann mache man den Winkel $A A^{\mathrm{I}} M$ gleich der gegebenen Anzahl Grade, verlängere $M A^{\mathrm{I}}$ bis k auf der Linie $S T$, und nehme einen Punkt A^{II}, welcher der zweyte Mittelpunkt seyn wird, wenn er die zwey Bedingungen erfüllt, nämlich 1) dafs, wenn $A^{\mathrm{I}} A^{\mathrm{II}}$, von s^{I} nach s^{II} getragen wird, der Punkt A^{II} unter der durch s^{II} gehenden Horizontallinie liegt, und 2) dafs $k s^{\mathrm{II}}$ kleiner als $k A^{\mathrm{II}}$ ist. Den dritten Mittelpunct T, der nun im Voraus schon vollkommen bestimmt ist, findet man, wenn man die gerade Linie $A^{\mathrm{II}} s^{\mathrm{II}}$ zieht, und auf ihrer Mitte einen Perpendikel errichtet; der Punkt, wo dieser die verlängerte Höhe $s o$ schneidet, ist der dritte Mittelpunkt. Man wird einsehen, dafs diese Constructions-Methode schlechterdings nicht erlaubt, den vorletzten Winkel $M A^{\mathrm{II}} M^{\mathrm{I}}$ willkührlich anzunehmen; diefs würde einen andern Punkt T bestimmen, welcher nicht gleichweit von A^{II} und s^{II} entfernt wäre, wie diefs doch seyn soll. Auch ist leicht zu beweisen, dafs die Puncte A^{I}, A^{II} den Anfangs erwähnten Erfordernissen entsprechen. 1) Mufs A^{II} niedriger als s^{II} seyn; denn wenn diese

zwey Punkte auf derselben Horizontallinie wären, so würde $A^{II}\,T$ niemals $= S^{II}\,T$ seyn können, außer man dächte sich T in einer unendlichen Entfernung. 2) Ist es eben so einleuchtend, daß $k\,S^{II}$ kleiner als $k\,A^{II}$ seyn müsse; denn wenn $k\,S^{II} = k\,A^{II}$ wäre, so würde kein Punkt T unter k die Gleichung $T\,A^{II} = T\,S^{II}$ gestatten, weil $T\,A^{II}$ immer $< T\,k = k\,A^{II}$ also auch $T\,A^{II} < T\,k + k\,S^{II}$ seyn würde.

b) *Wollte man anstatt dem gegebenen Winkel $A\,A^{I}\,M$ den letzten Mittelpunkt T geben:* so müßte dieser näher bey A als bey S seyn, damit die Aufgabe möglich bliebe; denn wären die beyden Entfernungen einander gleich, so würde man nur *einen* Bogen aus einem Mittelpunkt (Fig. 21.) über die gegebene Weite und Höhe beschreiben können.

Man nehme daher ein Stück $S\,S^{I}$ von der Höhe und trage es von A nach A^{I}; so wird A^{I} der erste Mittelpunkt seyn, wobey T noch dem A^{I} näher als dem S^{I} bleiben muß. Dann suche man innerhalb dem Winkel $A^{I}\,O\,T$ einen Punkt A^{II} so, daß die Summe seiner Abstände von den zwey Punkten A^{I} und T gleich $T\,S^{I}$ ist. Diese Bedingung erfüllen mehrere Puncte, welche alle in einer ellyptischen Linie liegen, deren Brennpuncte A^{I} und T sind, und deren größere Axe $= T\,S^{I}$ ist. Um einen dieser mehrern Puncte zu bestimmen, bemerke man einen Punct S^{II}, beschreibe aus A^{I} als Mittelpunct einen Cirkel-Bogen mit dem Radius $A^{I}\,A^{II} = S^{I}\,S^{II}$, und aus T, als anderen Mittelpunkt mit einem Radius $T\,S^{II} = T\,A^{II}$ einem zweyten Bogen; der Durchschnittspunkt beyder Bögen wird den Mittelpunkt A^{II} bestimmen, wenn dieser Durchschnittspunct innerhalb dem Winkel $A^{I}\,O\,T$ statt findet.

Zieht man die vorhin erwähnte Ellypse, wovon der in den Winkel $A^{I}\,O\,T$ fallende Bogen alle die möglichen Mittelpuncte A^{II} enthält: so kann man einen dieser Puncte so wählen, daß

c) *der Winkel $A\,A^{I}\,M$ einer gegebenen Anzahl Grade gleich wird, neben welcher Bedingung zugleich die Vorausbestimmung des Mittelpunctes T statt findet.* Das bereits Vorgetragene zeigt wie diese zwey Bestimmungen vereinbart werden können.

d) *Wenn die drey Bögen $A\,M$, $M\,M^{I}$, $M^{I}\,S$ gegebenen Anzahlen von Graden gleich werden sollen;* so beschränkt sich die Unbestimmtheit der Aufgabe in einem hohen Grade, und die analytische Auflösung dieser Aufgabe geschieht auf folgende Weise. Es sey $A\,A^{I}\,M = A^{I}$, $M\,T\,S = T$, also $A^{I}\,A^{II}\,N = \text{comp.}\,(A^{I} + T)$, sin. $A^{I}\,N\,A^{II} = \sin.\,(N\,A^{I}\,A^{II} + A^{I}\,A^{II}\,N) = \sin.\,(90 - T) = \cos.\,T$. In den Dreyecken $A^{I}\,A^{II}\,N$ und $N\,T\,O$ ist $O\,N = \frac{\sin.\,T}{\cos.\,T}\,(R - h)$, $N\,T = \frac{R - h}{\cos.\,T}$, $A^{II}\,N = \frac{\sin\,A^{I}}{\cos(A^{I} + T)}\left[b - r - \frac{\sin.\,T}{\cos.\,T}\,(R - h)\right]$, $A^{I}\,A^{II} = \frac{\cos.\,T}{\cos.(A^{I} + T)}\left[b - r - \frac{\sin.\,T}{\cos.\,T}\,(R - h)\right]$. Da $A\,A^{I} + A^{I}\,A^{II} + A^{II}\,T = T\,S$ seyn muß: so giebt die Substitution der algebraischen Ausdrücke dieser Linien und von $\cos.\,A^{I}\cos.\,T - \sin A^{I}\sin.\,T$ für $\cos.\,(A^{I} + T)$ in

jener Gleichung und ihre Reduction folgende Gleichung $(\cos. T - \sin A^{I})(b - r) - \cos.(A^{I} + T)(R - r) + (\cos. A^{I} - \sin. T)(R - h) = 0$. Bey der Anwendung dieser Formel vergesse man nicht, daſs man für A^{I} und T nicht ganz beliebige Winkel zu nehmen die Befugniſs habe; sondern daſs diese Winkel ihre Grenzen haben, welche von dem Verhältniſs zwischen b und h abhängen. Man darf für A^{I} und T nur solche Werthe wählen, welche den Bedingungen entsprechen: 1) daſs $r < h$ und $R > \frac{b^2 + h^2 - 2br}{2h - 2r}$. Die von Bossut in der methodischen Encyclopädie gegebene Gleichung ist viel complicirter als die vorhin angeführte, und es ist dabey zu bemerken, daſs der Autor glaubt: man könne für den ersten Radius r jede willkührliche Gröſse nehmen, da doch r immer $< h$ seyn muſs. Die Schranke für die Werthe von R ist von ihm gleichfalls übersehen worden.

e) Es soll eine Korblinie unter der Alternative verzeichnet werden, daſs entweder der von ihr umspannte Raum oder die durchgehende Wassermasse ein Maximum sey, oder die Krümmungs-Uebergänge eines Bogens in den andern die möglich kleinsten werden. Zur Auflösung muſs folgendes vorausgeschickt werden. 1) Ist schon im vorhergehenden angemerkt: daſs der zweyte Mittelpunct A^{II} (Fig. 23.) auf jedem der Puncte des in dem Winkel AOT begriffenen, elliptischen Bogens genommen werden kann. 2) Ist offenbar, daſs, wenn man den Punct A^{II} näher an A^{I} nimmt, die dadurch bestimmte Korblinie die erstere, deren zweyter Mittelpunct A^{II} entfernter von A^{I} ist, umschliessen wird, so daſs mit den Mittelpuncten A^{II}, welche von Z nach P rücken, auch die von den Korblinien eingeschlossenen Räume wachsen. 3) An den Grenzen P und Z reduciren sich die Korblinien aus 5 Mittelpuncten, auf Korblinien aus 3 Mittelpuncten. 4) Folgt aus dem Vorgetragenen, daſs, wenn der erste und dritte Radius oder r, R unverändert bleiben, der von einer Korblinie umspannte Raum desto gröſser ist, je kleiner ihr zweyter Radius angenommen wird. 5) Ist leicht zu beweisen, daſs R und der umspannte Raum desto gröſser wird, je gröſser r ist, daſs man folglich dem Maximum des dem Wasser offenen Raumes desto mehr sich nähere, je gröſser r und R, und je kleiner der mittlere Radius wird.

Was die zweyte Bedingung, die kleinste Krümmungsänderung bey den nämlichen Werthen von b und h betrift: so erhellet 6), daſs man auf eine unendliche Menge Arten die drey Radien und den Winkel $AA^{I}M$ combiniren könne. Die vortheilhafteste Combination wäre aber unstreitig diejenige, wobey die Krümmungsänderungen in M und M^{I} zugleich die möglich kleinsten oder $\frac{A^{II}M}{AA^{I}}$ und $\frac{TS}{A^{II}M}$ Minima wären. Allein 7) sind diese zwey Bedingungen unvereinbar, und können nicht zu gleicher Zeit statt finden. Um sich hievon zu überzeugen, müssen wir abgesondert jeden dieser unbestimmten Quotienten variirend betrachten. Nehmen wir Anfangs die Mittelpuncte A^{I} und T als bestimmt, d. i. r und R als constant an, so können wir

den zweyten Mittelpunct A'' nach Willkühr auf dem elliptischen Bogen PZ irgendwo festsetzen. Je näher A'' dem A' seyn wird, desto kleiner wird die Krümmungsänderung in M seyn, aber desto gröſser in M' und umgekehrt. Dieses bleibt richtig, unabhängig von allen Werthen von r und R; weſswegen es für die Krümmungsänderungen in M und M' keine zwey Minima zu gleicher Zeit geben kann. Es folgt ferner, daſs bey einem fixen Mittelpunct A' $\frac{R}{r}$ desto kleiner wird, je näher T dem Z tritt.

Nun ist aber der Satz wahr, daſs, wie man immer die Lage von T annehmen mag, Z, der Durchschnittspunct von der Höhe ST mit dem elliptischen Bogen, seinen Platz für alle Ellipsen nicht verändert. Wann man den zweyten Mittelpunct A'' im Puncte Z nimmt, und die Linie $A'Z$ sich denkt, so hat man $A'Z + ZT = TS'$ oder $A'Z = SZ$, welches nur im Puncte Z allein statt finden kann, in welchem Fall die Korblinie zu einer aus 3 Mittelpuncten wird. Es rückt also T dem Z desto näher, je kleiner $\frac{R}{r}$ wird, wie auch übrigens die Lage des Mittelpunctes A'' beschaffen seyn mag. Es vermindert sich daher die Krümmungsänderung in M', wann der erste und zweyte Radius ihre Längen unverändert behalten, T aber dem Z sich nähert, welches zugleich den Bogen AM vergröſsert, den Bogen MM' aber verkleinert. Wenn man jetzt den Mittelpunct A' variiren läſst: so verändert Z seinen Platz. Die Werthe, welche man für r und R in den unter der Bedingung der gröſsten Krümmungs-Gleichförmigkeit schon abgehandelten Fällen bey den Korblinien aus 3 Mittelpuncten angegeben hat, werden hier noch statt finden, weil man es in seiner Willkühr hat, den Punct T so nahe, als man will, bey Z anzunehmen. Aus dem Vorausgeschickten folgt also, daſs man in den Korblinien aus 5 Mittelpuncten $AA' = r$ etwas kleiner oder höchstens $= \frac{b^2 + h^2 - (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2b}$, und $TS = R$ etwas gröſser als $\frac{b^2 + h^2 + (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2h}$, welche Combination ein Minimum für $\frac{R}{r}$ geben wird, nehmen, und, um den zweyten Mittelpunct A'' am zweckmäſsigsten zu placiren, zu Folge der erwiesenen Wechselwirkung, daſs die Krümmungsänderung in M in dem Maaſs unmerklicher wird, als man dieselbe in M' vergröſsert, und umgekehrt, die vortheilhafteste Vermittelung wählen müsse, welche nämlich darin besteht, die Veränderungen in M und M' einander gleich zu machen, d. i.

$\frac{A''M}{AA'} = \frac{TS}{A''M}$, oder $\overline{A''M}^2 = \overline{TS} \cdot \overline{AA'}$ oder $A''M = \sqrt{r \cdot R}$, welches $A'A'' = \sqrt{r \cdot R} - r$ und $TA'' = R - \sqrt{r \cdot R}$ giebt. Den Punct A'' bestimmt man, indem man aus A' mit einem Radius $= \sqrt{r \cdot R} - r$ und aus T mit einem Radius

$= R - \sqrt{r \,.\, R}$ zwey Kreisbögen beschreibt; ihr Durchschnittspunct wird A'' seyn. Aus dem bisherigen erhellet *a*) daſs man sich dem Maximum der Wassermasse in dem Grade nähere, als man den ersten Radius r und den 3ten Radius R vergrössert, und den mittlern verkleinert; *b*) daſs die zwey Krümmungsänderungen in M und M' desto kleiner werden, je mehr die Werthe von r und R den unter der vorhin erwähnten Bedingung der gräſsten Krümmungsgleichförmigkeit gefundenen gleich werden, wobey zugleich der zweyte Radius die mittlere Proportionale zwischen den beyden andern ist. Da nun die zwey Eigenschaften *a* und *b* unvereinbar sind: so hat man sich jetzt der einen, und ein anderes Mal der andern zu nähern, nach dem Erforderniſs der besondern Umstände. Wenn z. B. die Brücke eine hohe Stellung erhält, und kein Bedürfniſs eine vergröſserte Durchfluſs-Oeffnung erheischt: so mache man r etwas kleiner, oder höchstens $= \frac{b^2 + h^2 - (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2\,b}$, R ein wenig gröſser als $\frac{b^2 + h^2 + (b - h)\sqrt{b^2 + h^2}}{2\,h}$, und den Zwischenradius $= \sqrt{r \,.\, R}$. Diese Verhältnisse gewähren für das Aug die schönste Form von Korblinien. Wenn hingegen dem Wasser eine gröſsere Oeffnung gegeben werden soll: so nehme man r ein wenig kürzer, als die Höhe h, R so groſs als die Rücksichten der Fugenschnitte zulassen, und den zweyten Radius ziemlich klein, oder A'' nahe bey P. *Bossut* nimmt den ersten Mittelpunct A' constant, eben so den Winkel $A\,A'\,M$, und sucht auf der unbestimmten Höhe die Mittelpuncte A'' und T, welche für $\frac{R}{M\,A''}$ ein Minimum oder die kleinste Krümmungsänderung in M' geben. Diese Hypothese führt zu nichts, indem wir gesehen haben, daſs die Verminderung der Krümmungsänderung in M' die Vermehrung derjenigen in M nach sich zieht, und folglich der auf einer Seite gewonnene Vortheil auf der andern wieder verloren geht.

f) Es soll über eine gegebene Weite und Höhe eine Korblinie aus fünf Mittelpuncten so verzeichnet werden, daſs die zwey gleichen Radien $m\,a^{II}$ *und* $m^{I}\,a^{II}$ *auf der einen Hälfte der Korblinie,* $O\,a^{I}$ *so durchkreuzen, daſs* $O\,o : o\,a^{I} = 2 : 1$, *und verlängert von der Linie* $O\,T$ *die gleichen Theile* $O\,i$, $i\,T$ *abschneiden.*

Diese Bedingungen können mittelst folgenden Calculs realisirt werden. Man setze $O\,T = 1$, $O\,a^{I} = \frac{1}{n}$ von $O\,T$, die Zahl der gleichen, abgeschnittenen Theile von $O\,T$ ist $= 2$, $o\,a^{I} = \frac{1}{3}$ von $O\,a^{I}$ und $O\,o = \frac{2}{3}$ von $O\,a^{I}$, also $o\,a^{I} = \frac{1}{3.\,n}$, $O\,o = \frac{2}{3.\,n}$, für den Sinus totus $= 1$ ist tang. $m\,a^{I}\,a =$ tang. $O\,a^{I}\,a^{II} =$ tang. $a^{I} = \frac{O\,1}{O\,a^{I}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{n}} = \frac{n}{2}$, tang. $O\,o\,T =$ tang $o = \frac{1}{\frac{2}{3}.\,n} = \frac{3\,n}{2}$; da allgemein für jeden Winkel ζ die Gleichung $\frac{\text{tang.}\ \zeta^2}{1 + \text{tang}\ \zeta^2}$

$= \sin. \zeta^2$ gilt, so ist $\sin. a^{I} = \frac{\frac{n}{2}}{\sqrt{(1+\frac{n^2}{4})}} = \frac{n,}{\sqrt{(4+n^2)}}$, $\sin. o = \frac{3n,}{\sqrt{(4+9n^2)}}$ $\cos. a^{I} = \sin. k$ $= \frac{2,}{\sqrt{(4+n^2)}}$ $\cos. o = \sin. O T o = \sin. T = \frac{2,}{\sqrt{(4+9n^2)}}$ $\sin. o\, a^{II}\, a^{I} = \sin. a^{II} = \sin (o - a^{I})$ $= \sin. o \cos. a^{I} - \cos. o \sin. a^{I} = \frac{4n}{\sqrt{(4+9n^2)(4+n^2)}}$, $a^{I} a^{II} : o\, a^{I} = \sin. o : \sin. a^{II}$, folglich $a^{I} a^{II} = \frac{\sqrt{(4+n^2)},}{4n}$ ferner ist $a^{I}\, 1 = \frac{1}{2 \sin. a^{I}} = \frac{\sqrt{(4+n^2)},}{2n}$ $a^{II} T = \frac{\sin. k}{2 \sin. a^{II}} = \frac{\sqrt{(4+9n^2)}.}{4n}$ Hiebey wird bemerkt, dafs die drey Winkel a^{I}, a^{II}, T zusammen 90° haben, denn $o = a^{I} + a^{II}$, der Winkel bey $O = 90° = o + T$, folglich $90° = a^{I} + a^{II} + T$. Da wir nun die Linien $a^{I} a^{II}$, $a^{II} T$ und ihre Summe, $a^{I} a^{II} + a^{II} T = s$ gesetzt, in Functionen von n haben; so wollen wir nun auch sehen, wie wir mittelst n und der gefundenen Länge s für jede Weite $= 2b$ und Höhe $= h$ unter den obigen Bedingungen, dafs $O\, o : o\, a' = 2 : 1$, $O 1 = 1 T$, und $O a' : O T = \frac{1}{n} : 1$ ist, die Mittelpuncte a', a'', T oder $O a' = x$ und $O T = y$ zu finden im Stande sind. Setzt man die wirkliche Länge von $a' a'' + a'' T = z$, so ist allgemein $\frac{1}{n} : 1 = x : y$, also $y = n x$, ferner $\frac{1}{n} : s = x : z$, daher $z = n s x$, endlich *) $z + b - x = y + h$. Hieraus geht hervor, dafs $x = \frac{b - h}{1 + n(1 - s)}$ und $y = \frac{n. (b - h)}{1 + n (1 - s)}$ **). Wir sehen, dafs x und y und hiemit auch die Radien $a' a = b - x$, $m a'' = a'' a' + a' a$, $T s = y + h$ verschiedene Werthe erhalten, je nachdem man für n eine Zahl annimmt. Da die wahre Länge von $a' a = a' m = b - x = \frac{b n. (1 - s) + h,}{1 + n (1 - s)}$ diejenige von $a' a'' = y. \frac{\sqrt{(4 + n^2)}}{4n}$ und die von $a'' T = y. \frac{\sqrt{(4 + 9 n^2)}}{4n}$ durch die Werthe von $s = \frac{\sqrt{(4 + n^2)} + \sqrt{(4 + 9 n^2)}}{4n}$ und $y = \frac{n. (b - h)}{1 + n (1 - s)}$, und hiemit auch die Radien $a'' a' + a' a = a'' m$, und $T a'' + a'' m = T s$ bestimmt sind, so hat man nur auf der halben Weite $O a$ die Länge $a' a$, und auf der verlängerten Höhe $s O$ die Länge $O T$ zu nehmen, aus a', dem ersten Mittelpunkt, und aus T, dem dritten Mittelpunct, mit den Linien $a' a''$, $T a''$ Kreisbögen zu beschreiben;

78 *

*) In Gauthey ist S. 250 die halbe Bogenweite $= a$ anstatt $= b$, und die Bogenhöhe $= b$ anstatt $= a$, aus Versehen gesetzt; es ist daher seine Gleichung $z + b - x = y + a$ nur richtig, wenn b und a in einem verwechselten Sinne genommen werden.

**) In Müllers Schrift (S. 52.) findet sich anstatt diesem Ausdrucke der Druckfehler $\frac{n - (b - h).}{1 + n (1 - s)}$

ihr Durchschnittspunkt wird den 2ten Mittelpunct a'' bestimmen. Aus den so gefundenen Mittelpuncten und Radien läſst sich nun die Korblinie verzeichnen.

Da diese Methode zur Verzeichnung von Bögen, deren Halbmesser 100 — 200 Schuh und darüber messen, ohne groſse Schwierigkeiten nicht anwendbar: so ist es nothwendig eine andere zu construiren, wobey man der unterhalb $O\,a$ befindlichen Puncte und Linien gar nicht bedarf. Dieses in der Ausübung sehr bequeme Hilfsmittel verdient um so mehr Aufmerksamkeit, da es auch zur Verzeichnung der Korblinien jeder Art angewendet werden kann. Man bedient sich nämlich der rechtwinklichten Coordinaten $m'\,\mu$, $m'\,\mu'$; $m\,v$, $m\,v'$, um die Puncte m', m zu bestimmen. Diese Coordinaten sind durch andere bekannte Gröſsen bestimmt. Es ist nämlich $\mu'\,T : m'\,T = \cos.\, T : 1$, also $\mu'\,T = m'\,T.\ \cos.\, T = m'T.\ \sin.\, o$, und $\mu'T - O\,T = \mu'\,O = m'\,\mu$ bekannt; ferner ist auch $m'\,\mu : m'\,T = \sin.\, T : 1$ und $m'\,\mu = m'\,T.\ \sin.\, T$ auch bekannt. Eben so läſst sich auch $m\,v$ und $m\,v'$ kennen lernen; denn $v'\,1 : m\,1 = \cos.\, k : 1$, also $v'\,1 = m\,1.\ \cos.\, k = m\,1.\ \sin.\, a'$; und da $O\,1 : a'\,1 = \sin.\, a' : 1$, so ist $O\,1 = a'\,1.\ \sin.\, a'$ und $v'\,1 - O\,1 = v'\,1 - \frac{O\,T}{2} = v'\,O = m\,v$, ferner $m\,v' : m\,1 = \sin.\, k : 1$, also $m\,v' = m\,1.\ \sin.\, k = m\,1.\ \cos.\, a'$. Auf diese Weise können die Puncte m', m auf einen Estricht leicht verzeichnet werden, ohne der unter $O\,a$ befindlichen Puncte und Linien zu bedürfen. Um aber die erforderlichen zwischen den Puncten S, m', m, a liegenden Puncte gleichfalls ohne Hülfe dieser unter $O\,a$ liegenden Puncte und Linien verzeichnen zu können, biethet die Geometrie folgendes Mittel dar. Wenn z. B. $m'\,m$ ein Zirkelbogen, dessen Endpuncte m', m, Radius $m\,a''$, Maaſs in Graden = dem Winkel $m'\,a''\,m = a''$ bekannt sind; und der Abstand der Mitte dieses Bogens von seiner Sehne oder $\delta\,2 = x$ gesetzt wird: so ist $x = m\,a''\,(1 - \cos.\, \frac{a''}{2})$, also δ gefunden. Mittels δ und m' läſst sich der mittlere Punct vom Bogen $m'\,\delta$ finden; und die Wiederholung dieses Verfahrens bestimmt so viele Zwischenpuncte, als man nöthig hat, des Bogens $m'\,m$ sowohl als eines jeden andern.

III. *Korblinien aus mehr als 5 Mittelpuncten, oder aus so vielen Mittelpuncten, als man nur immer will, zu construiren.*

a) Wenn die verschiedenen Bögen, welche eine Korblinie aus beliebiger Anzahl Mittelpuncte constituiren, gegebenen Summen von Graden gleich seyn sollen. Es sey (Fig. 19.) $A\,M\,M'\,M''\,M'''\ldots S$ die Hälfte einer solchen Korblinie (was von dieser Hälfte gilt, gilt bekanntlich auch von der andern). Die wesentlichen Erfordernisse einer jeden Korblinie sind, wie wir wissen, 1) daſs der Umfang des Polygons $A\,A'\,A''\,A'''\,A^{IV}\ldots T$ gleich sey der Länge $S\,T$, 2) daſs das Polygon lauter auswärts gekehrte Winkel habe. Man nehme daher ein Stück $S\,S'$ der Höhe $S\,O$, und trage es von A nach A', der Punct A' wird der erste Mittelpunct seyn. Man mache

$A\,A'\,M$ gleich dem gegebenen Winkel, verlängere $M\,A'$ bis k auf der verlängerten Höhenlinie, bemerke einen Punct A'', welcher der zweyte Mittelpunct seyn wird, wenn er die zwey Bedingnisse erfüllt: 1°. daſs er nämlich, wenn $A'\,A''$ von S' nach S'' getragen wird, unter der durch S'' gehenden Horizontallinie liegt; 2°. daſs $k\,S''$ kleiner als $k\,A''$ liegt. Alsdann mache man den Winkel $M\,A''\,M'$ gleich dem gegebenen Winkel, verlängere $M'\,A''$ bis in k', nehme willkührlich ein Stück $A''\,A'''$, trage es von S'' nach S''', so ist A''' der dritte Mittelpunct, wenn er den zwey Bedingnissen entspricht, 1°. daſs er unter S''' liegt und 2°. $k'\,S'''$ kleiner als $k'\,A'''$ ist. Nach dieser Vorschrift bestimme man die andern Mittelpuncte A^{IV}, A^{V} etc., indem man sie den angeführten zwey Bedingungen unterwirft. Um den letzten Mittelpunct T oder denjenigen, welcher auf die Verlängerung der Höhe sich befinden muſs, zu finden, darf man nur $T\,A^{IV} = T\,S^{IV}$ machen, welches ohne Tatonnement nur davon abhängt, die Linie $A^{IV}\,S^{IV}$ zu ziehen und auf ihrer Mitte einen Perpendikel zu errichten. Der Punkt T, wo dieser Perpendikel die verlängerte Höhe schneidet, ist der verlangte letzte Mittelpunct. Man sieht von selbst ein, daſs diese Constructionsmethode die Freyheit ausschlieſst, den vorletzten Winkel $M''\,A^{IV}\,M'''$ im voraus sich zu geben; denn er würde einen andern Punct T bestimmen, welcher nicht gleichweit von A^{IV} und S^{IV}, wie es doch nothwendig, entfernt wäre. Es bedarf übrigens keines weitläufigen Beweises, um sich zu überzeugen, daſs die Puncte A', A'', A''', A^{IV} etc. die vorgeschriebenen Bedingungen erfüllen; es muſs nämlich 1) A'' niedriger als S'' seyn, denn wenn diese zwey Puncte auf einer und derselben Horizontallinie lägen, so könnte die Forderung, daſs der übrige Umfang $A''\,A''' + A'''\,A^{IV} + \ldots + A^{IV}\,T = S''\,T$, nicht statt finden, wenn anders T nicht in einer unendlichen Entfernung seyn soll; 2) $k\,S''$ kleiner als $k\,A''$ seyn, denn, wenn $k\,S'' = k\,A''$, so würde kein Punct T unter k einen Umfang $T \ldots A^{IV}\,A'''\,A''$, welcher so groſs als $T\,S''$, möglich machen, weil dieser Umfang, der immer kleiner als $T\,k + k\,A''$, auch kleiner als $T\,k + k\,S''$ wäre. Wann daher $k\,S'' = k\,A''$, so ist k der letzte Mittelpunkt und das Ende des Polygons. Soll dieses sich aber noch weiter erstrecken, so muſs $k\,S''$ kleiner als $k\,A''$ seyn. Eben so lassen sich jene zwey Bedingungen auch für die andern auswärts gekehrten Winkel A''', A^{IV} etc. beweisen.

b) *Wenn eine Korblinie aus beliebig vielen Mittelpuncten die Alternative erfüllen soll, daſs sie, entweder dem Wasser einen vergröſserten Raum, oder, in den Uebergängen des einen Bogens in den andern, Krümmungsänderungen von einem gleichen und möglichst sanften Grad darbiete.* Man erwäge, daſs, wenn (Fig. 24.) die Mittelpuncte A' und T ihre Plätze ungeändert behalten und die andern Radien dieselben bleiben, man den Raum für das Wasser vergröſsert, je mehr man die Puncte M, M', M'' etc. dem Puncte A annähert. Ist T fix, so wird eine Korblinie aus 3 Mittelpuncten mehr Raum umschlieſsen, als eine andere aus mehr Mittelpuncten; denn man könnte der erstern Korblinie (Fig. 20.) keinen Mittelpunct

mehr geben, ohne A' gegen A zu rücken, und ohne dafs diese neue Korblinie in der erstern eingeschlossen seyn würde; woraus hervorgeht, dafs die Korblinie (Fig. 22.) auf gleiche Weite und gleiche Höhe den gröfsten Raum umschliefst. Ich bemerke, dafs aus dem Gesagten ja nicht folgert, dafs bey gleicher Weite und gleicher Höhe *jede Korblinie aus* 3 *Mittelpuncten*, welche Lage A', T, a' auch haben mögen, einen gröfsern Raum umspannt als eine Korblinie aus mehr als 3 Mittelpuncten. Dieser Vorzug findet auf Seite der Korblinien aus 3 Mittelpuncten nur dann statt, wenn der Platz des mittlern Mittelpunctes T bey beyden Arten von Korblinien ungeändert bleibt. Wir sehen also, dafs eine Korblinie aus 3 Mittelpuncten, deren Construction der Fig. 22. sich mehr nähert, dem Wasser mehr Raum darbiethet, als eine andere aus 3 oder mehr Mittelpuncten; die erstere aber eine gröfsere Krümmungsänderung in den Uebergängen des einen Bogens in den andern hat, als letztere aus 3 oder mehr Mittelpuncten. Fordert das Interesse den Raum für das Wasser zu vergröfsern, so wähle man also eine solche Lage des Polygons, welche die Mittelpuncte A'', A''' der Linie $A\,O$ annähert, zugleich aber die Länge der erstern Bögen $A\,M$, $M\,M'$ verkürzt, und die der andern $S\,M^{IV}$, $M^{IV}\,M^{V}$, welche die längern Radien haben, vergröfsert. Wenn aber das Profil nicht zu vergröfsern ist: so folge man den ästhetischen Regeln, nämlich eine solche Lage des Polygons zu wählen, dessen Winkel A'', A''', A^{IV}, A^{V} voneinander nicht zu ungeregelt verschieden sind, sondern entweder alle wachsen oder alle abnehmen. Die gemeinschaftliche Forderung des Geschmacks und der Festigkeit, die Krümmungsänderungen in den Uebergängen des einen Bogens in den andern durchgehends gleich und möglichst sanft zu machen, und ein grofser Theil des Interesse, den Raum soviel möglich zu vermehren, wird befriedigt, wenn man den kleinsten Radius r etwas kleiner als die Höhe h, den gröfsten Radius R etwas gröfser als $\frac{b^2 + h^2 - 2br}{2h - 2r}$, zu den Zwischenradien r', r'', r''' etc. aber die zwischen diese r und R fallenden geometrischen Proportionalen nimmt. Bedeutet n die Zahl der Mittelpuncte oder Radien einer halben Korblinie, so wird $A\,A' = r$, $A''\,M = r\left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{n-1}} = r'$, $A'''\,M' = r\left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{2}{n-1}} = r''$, $A^{IV}\,M'' = r\left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{3}{n-1}} = r'''$ etc. $T\,S = R$. Ist die Gröfse der Radien gefunden, so erhält man die Seiten des Polygons durch allmählige Subtractionen, und es übrigt nur noch die Mittelpuncte A'', A''', A^{IV} etc. anzugeben, welches auf mancherley Weise möglich ist *). Denken wir uns die Seiten $A'\,A''$, $A''\,A'''$, $A'''\,A^{IV}$, $A^{IV}\,A^{V}$, $A^{V}\,T$ miteinander verbunden, aber mittelst Gewinden in den Puncten A'', A''', A^{IV}, A^{V} beweglich: so begreift man, dafs die 5 Seiten dieses Polygons, dessen 2 äusserste Ende in A' und T unverrückbar, unendlich viele Lagen annehmen können. Alle diejenigen dieser Lagen,

*) In Gauthey's Werk S. 252. ist in der 7., 8., 9. und 10ten Zeile anstatt den Druckfehlern $\varrho - r$, ϱ, $R - \varrho'$, ϱ', zu lesen: $R - \varrho'$, ϱ', $\varrho - r$, ϱ.

in welchen das Polygon lauter auswärts gekehrte und in dem Winkel $A' O T$ liegende Winkel hat, sind zur Erzeugung von Korblinien geeignet. Die einem jeden der Mittelpuncte A'', A''', A^{IV}, A^{V} möglichen Plätze sind zwar an der Zahl äusterst viel, haben aber doch ihre Grenzen. Unter allen den Lagen des Polygons, in denen es lauter auswärts gekehrte Winkel erhält, wird der Geschmack diejenigen vorziehen, denen, nach dem möglich beſsten Verhältniſs, entweder nur wachsende oder nur abnehmende Winkel entsprechen.

c) *Wenn die Krümmungsänderungen durchgehends gleich, und die verschiedenen Bögen der Korblinie gegebenen Anzahlen von Graden gleich seyn sollen.* Die vorhergehende Aufgabe hat die von den Radien gebildeten Winkel unbestimmt gelassen. Nun wollen wir diese einem gewissen Gesetze unterordnen. Es sey r der erste Radius $A A'$, und R der letzte $T S$, der Progressionsquotient der Krümmungsradien r, r', r'', r''' . . . R ist $\left(\frac{R}{r}\right)^{\frac{1}{n-1}}$, und sey $= q$ gesetzt, daher diese Radien $= r$, $q r$, $q^2 r$, $q^3 r$, . . R.

Als Beyspiel diene eine Korblinie aus 11 Mittelpuncten. (Fig. 24.) Folgender auf diesen Fall sich beziehende Calcul wird sehr leicht auf andere Fälle angewendet werden können. Es seyen A', A'', A''', A^{IV}, A^{V}, T die gegebene Anzahl Grade für die Bögen $A M$, $M M'$, $M^{I} M^{II}$, $M^{II} M^{III}$, $M^{III} M^{IV}$, $M^{IV} S$. Construirt man auf den Seiten $A^{V} T$, $A^{IV} A^{V}$ $A' A''$, welche gleich $q^4 r (q - 1)$, $q^3 r (q - 1)$. . . $r (q - 1)$ die rechtwinklichten Dreyecke $A^{V} T R^{V}$, $A^{IV} A^{V} R^{IV}$ $A' A'' R'$, so werden die Seiten $R^{V} T$, $R^{IV} A^{V}$ $R' A''$ gleich $A^{V} T$. cos. T, $A^{IV} A^{V}$ cos. $(T + A^{V})$ $A' A''$. cos. $(T + A^{V} + A^{IV} + A^{III} + A^{II})$ und die andern Seiten $R^{V} A^{V}$, $R^{IV} A^{IV}$ $R' A'$ gleich $A^{V} T$. sin. T, $A^{IV} A^{V}$. sin. $(T + A^{V})$ $A' A''$. sin. $(T + A^{V} + A^{IV} + A^{III} + A^{II})$. Nun ist die Summe dieser letzten Seiten $= O A^{I} = b - r$, und diejenige der vorletzt genannten $= T O = R - h$. Die Substitution der vorhin angegebenen Werthe in diesen Gleichungen von den Summen der Seiten und die Reduction dieser sich formirenden Gleichungen erzeugt die Gleichung $b (q - 1) [q^4 \cos. T + q^3 \cos. (T + A^{V}) + q^2 \cos. (T + A^{V} + A^{IV}) + q \cos. (T + A^{V} + A^{IV} + A^{III}) + \cos. (T + A^{V} + A^{IV} + A^{III} + A^{II})] - b q^5 + h (q - 1) [q^4 \sin. T + q^3 \sin. (T + A^{V}) + q^2 \sin. (T + A^{V} + A^{IV}) + q \sin. (T + A^{V} + A^{IV} + A^{III}) + \sin. (T + A^{V} + A^{IV} + A^{III} + A^{II})] + h = 0$, woraus der Quotient q sich ergiebt.

Wenn die Bögen $A M$, $M M'$. . ., $2 M^{IV} S$ gleich lang seyn sollen, so ist die Reihe der Gradzahlen A', A'' $2 \cdot T$ eine abnehmende geometrische Progression. Die Werthe der Radien ergeben sich sehr leicht aus dem Werth von q und den angeführten Bestimmungen.

Ich bemerke hier noch, daſs eine auf die Weite und Höhe eines Brückenbogens von Saumur nach dieser Methode, wobey der Bogen $A M$ 40 Grade, und jeder der an-

dern Bögen $MM' \ldots M^{IV}$ s 10 Grade erhielt, von mir verzeichnete Korblinie der für denselben Brückenbogen nach der noch zu erklärenden Chezyschen Methode construirten (Fig. A.) beynahe ganz gleich kam.

d) Eine andere allgemeine Aufgabe ist diese. Es soll (Fig. 25.) *über eine gegebene Weite und Höhe eine Korblinie aus beliebig vielen Mittelpuncten so verzeichnet werden, dafs* 1) *die Radien* $m\,a'$, $m'\,a''$, $m''\,a'''$ *etc. die Sehne* $O\,a$ *in* a', o, o' *etc. dergestalt durchkreuzen, dafs* $a\,a'$, a' o, o o' *etc. sich wie* 1, 2, 3 *etc. verhalten, und dafs* 2) *jene Radien rückwärts von der Linie* $O\,T$ *lauter gleiche Theile* o i, 1 . 2, 2 . 3 *etc. abschneiden.* Nach dem nämlichen Prinzip der Aufgabe, welches schon bey den Korblinien aus 5 Mittelpuncten nebst ihren trigonometrischen Berechnungen vorgekommen, ist die Curve der Brückenbögen von Neuilly (Fig. 43. Tab. 130.), aber aus 11 Mittelpuncten, construirt. Fig. 25. Tab. 134. diene uns, um die Verzeichnung dieser Curve und zugleich die Auflösung der vorstehenden allgemeinen Aufgabe kennen zu lernen. Zur Entfernung $O\,a$ nahm man den dritten Theil von der Entfernung $O\,T$ an. Hätte man anstatt diesem Verhältnifs beyder Entfernungen das von 1 zu 4 gewählt, so würde die Curve zwar weniger Festigkeit, aber mehr Kühnheit und Anmuth gewährt werden. Macht man $o\,v\,g\,f\,e\,d\,z$ (Fig. ad 25.) dem $O\,T\,a^{V}\,a^{IV}\,a'''\,a''\,a'$ (Fig. 25.) ähnlich, aber kleiner, die Linie $O\,a$ erster Figur gleich der halben grofsen Axe zweyter Figur, und beschreibt aus den Puncten z, d, e, f, g, v eine Curve: so ist gewifs, dafs ihr höchster oder Scheitelpunct s höher als der in Fig. 25. zu liegen kömmt. Macht man hingegen die Figur (ad 25.) gröfser als die entsprechende (Fig. 25.), übrigens dieser ähnlich, läfst die halbe grofse Axe $O\,a$ ungeändert, und beschreibt eine andere Curve: so fällt ihr Scheitelpunct niedriger als der (Fig. 25.) Um daher eine Curve über eine gegebene Weite und Höhe aus 11 Mittelpuncten nach dem Prinzip der vorstehenden Aufgabe zu beschreiben, mufs die gehörige Gröfse der Figur $O\,a^{V}\,a^{IV}\,a'''\,a''\,a'$, welche die Mittelpuncte der Bögen angiebt, oder eines ihrer Theile, z. B. $O\,a'$ bestimmt seyn. Zu diesem Zweck setze man (Fig. ad 25.) $o\,z = n$, $o\,v = m$, $o\,g\,f\,e\,d\,z = s$, und (Fig. 25.) $O\,a' = x$, $O\,T = y$, $T\,a^{V}\,a^{IV}\,a'''\,a''\,a' = z$, $O\,a = b$ und $O\,s = a$; so geben die zwey ähnlichen Figuren die Proportionen $n : m = x : y = \frac{m\,x}{n}$, $n : s = x : z = \frac{x\,s}{n}$. Da ferner gemäfs der allgemeinen Bedingung der Korblinien $z + b - x = y + a$, so giebt die Substitution der für z und y gefundenen Werthe in dieser letzten Gleichung: $\frac{x\,s}{n} + b - x = \frac{m\,x}{n} + a$, und die Reduction dieser letzten Gleichung $x = \frac{(b - a)\,n.}{n + m - s}$ Man drücke m und n in grofsen Zahlen aus, und berechne den Werth von s trigonometrisch, wie diefs bey der ähnlichen Aufgabe für Korblinien aus 5 Mittelpuncten gezeigt wurde: so erhält man mit grofser Genauigkeit den Werth von x. Für die Bögen von Neuilly

fand man $x = 39' \, 10'' \, 8'''$. Der gefundene Werth von x führt auf die Bestimmung von $y = \frac{m\,x}{n}$, und $z = \frac{x \, . \, s}{n}$, so daſs die Krümmung eines Brückenbogens von Neuilly bey der gegebenen Weite und Höhe dadurch vollkommen bestimmt ist.

So bestimmt aber hiedurch auch Fig. 25. ist, so wäre es doch sehr schwierig gewesen, sie ganz im Groſsen als Werkzeichnung mit einiger Genauigkeit, mittels der Mittelpuncte und Radien, zu entwerfen, und dieſs wegen der zu groſsen Länge der Radien, der längste Radius war nämlich ungefähr 150'. Man berechnete daher die Winkel und Linien, welche erforderlich sind, um die Lage der Endpuncte von den verschiedenen Zirkelstücken, in Bezug auf die Axen der Curve, zu bestimmen, trigonometrisch. Die Anfangsbögen auf jeder Seite der Curve wurden, ihrer kurzen Radien wegen, mittels langen Stangenzirkeln, verzeichnet. Für die andern Bögen hat man, nachdem ihre Endpuncte und Sehnen genau gezogen waren, ihre Bogenhöhen berechnet, und dadurch die mittlern Puncte der Bögen gefunden. Jeder dieser mittlern Puncte theilt den Bogen in zwey halbe Bögen ab, wovon jeder, mittels ihrer berechneten Bogenhöhe wieder unterabgetheilt wurde, indem man nämlich diese Bogenhöhe dem Viertheil der vorhergehenden Bogenhöhe gleich setzte, welches für kleine Bögen genau genug ist. Mittels dieser so gefundenen Puncte und kleiner zugehobelten Kreisbögen (man hätte anstatt dieser auch hölzerne Peripherialwinkel, die man mit seinen Schenkeln an je zwey gefundene Puncten anlegt, und daran hinschiebt, sich bedienen können) bestimmte man sehr leicht eine hinreichend groſse Anzahl von Zwischenpuncten. Ein zusammen hängender Zug, den man durch alle diese Puncte gehen lieſs, vollendete die ganze Krümmung des Korbbogens.

Die Kopf- oder Stirnbögen wurden durch die Verlängerung des mittelsten Zirkelbogens bis an die Pfeiler auf die so eben angegebene Art gezogen. Die Richtung der Fugenschnitte der Gewölbsteine wurde durch Puncte auf der untern Curve, und auf einer andern oberhalb mit ihr parallelen bestimmt.

e) Es soll eine Korblinie aus 11 *Mittelpuncten so verzeichnet werden, daſs* 1) *der erste Bogen* (Fig. *A.* Tab. 134.) 40 *Grade, und jeder der übrigen Kreisbögen, woraus die Korblinie gebildet werden soll,* 10 *Grade halte, oder daſs die Winkel, welche die Richtung der Radien mit der groſsen Axe und der verlängerten kleinen Axe bildet, nach der Ordnung* 40, 50, 40, 30, 20, 10 *Grade erhalten,* 2) *BE, EC die Zahlen* 2, 3, *und GO, ON, NM, MF wie die Zahlen* 3, 4, 5, 6 *sich verhalten.*

Nach dieser von Chezy erfundenen, und besonders zu empfehlenden Methode sind die Brückenbögen von Saumur, wovon einer in Fig. *A.* dargestellt ist, construirt worden. Cessart, in seiner Beschreibung dieser Bögen, giebt keine vollständige Entwickelung dieser Methode, sondern verweiſst den Leser auf die Construction der für diese Bögen angenommenen Curve, und die darauf bemerkten Dimen-

sionen, übergeht die zur Berechnung der verschiedenen Radien erforderliche, von Chezy angegebene Fundamentalformel mit Stillschweigen, und liefert bloſs Tabellen für Korbbögen nach dieser Methode, von welchen ein Auszug hier mitgetheilt wird. Auch Perronet giebt in der Beschreibung der Brückenbögen von Mantes, wovon einer in Fig. 33. Tab. 130. angegeben ist, und welche auch nach jener Methode nur mit dem Unterschiede construirt wurden, daſs das Verhältniſs von den Linien *BE*, *EC* anders ist, als 2 : 3, über diese Formel keinen Aufschluſs; daher diese hier mitgetheilt zu werden verdient. Setzt man $GO = 3x$, $ON = 4x$, $NM = 5x$, $MF = 6x$, und $BE = m$, $EC = r$, $AB = h$ und $BC = b$, so ist $FH = 11,8176934 . x$, $HI = 8,3965788 . x$, $IK = 4,9585853 . x$, $KL = 1,7171569 . x$, $LE = 1,3054073 . m - 11,1049974 . x$, $EC = r$, $AB = h$, $BG = 0,8390996 . m$, und $GF = 18x$; daher die Substitution dieser Werthe in der Gleichung $AF = FH + HI + IK + KL + LE + EC$, den Werth von $x = 0,2105242 . m - 0,4515158 (h - r)$ giebt. Da bey der Brücke von Saumur $m = \frac{2}{5} b$ und $r = \frac{3}{5} b$, so wird für dieselbe $x = 0,2105242 . b - 0,4515158 . h$. Ist x bekannt, so sind es auch die zur Construction der Korblinie gehörigen Linien. Nach dieser bey den Brückenbögen von Saumur angewandten Formel sind die Bestimmungsstücke der in nachstehender Tabelle angegebenen Korbbögen berechnet, und vom Cessart in seinem Werke mitgetheilt worden.

Bestimmungsstücke einer Korblinie aus 11 *Mittelpuncten nach der Methode von Chezy.*
In Beziehung auf Fig. A. Tab. 134.

Weite =	72 Fuſs.				90 Fuſs.				95 Fuſs.				100 Fuſs.			
	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.
AB =	25	2	7	9	31	6	3	9	33	3	3	11,6	35	0	4	2
BG =	12	0	10	9	15	1	1	6	15	11	2	3,0	16	9	3	0
GO =	4	2	4	9	5	3	0	0	5	6	6	0,0	5	10	0	0
ON =	5	7	2	$4\frac{4}{5}$	7	0	0	0	7	4	8	0,0	7	9	4	0
NM =	7	0	0	0	8	9	0	0	9	2	10	0,0	9	8	8	0
MF =	8	4	9	7	10	6	0	0	11	1	0	0,0	11	8	0	0
AF =	62		11	$2\frac{4}{5}$	78	1	5	3	82	5	6	2,6	86	9	7	2

Weite =	72 Fuſs.				90 Fuſs.				95 Fuſs.				100 Fuſs.			
	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.	F.	Z.	L.	P.
EC =	21	7	2	$4\frac{4}{5}$	27	0	0	0	28	6	0	0,0	30	0	0	0
EL =	3	3	2	2	4	1	0	0	4	3	8	8,0	4	6	5	4
LK =	2	4	10	2	3	0	0	7	3	2	0	9,6	3	4	0	10
KI =	6	11	2	2	8	8	0	0	9	1	9	4,0	9	7	6	8
IH =	11	9	0	0	14	8	3	0	15	6	0	6,0	16	3	10	0
HF =	16	6	6	4	20	8	1	8	21	9	10	11,0	22	11	8	4

Nach der nämlichen Methode, nur mit dem schon bemerkten Unterschied, sind auch die Brückenbögen von Mantes construirt worden, obwohl diese Anfangs nach einer Curve aus drey Mittelpuncten und nach der von Hupeau angegebenen Methode projectirt, und auch wirklich zu bauen angefangen waren. Nachdem man nämlich die eine Zeit lang ausgesetzten Arbeiten des Brückenbaues von Mantes wieder begann, war der grofse Bogen bis zum Sockel der vordern und hintern Pfeiler-Kegel nach der erwähnten Curve aus 3 Mittelpuncten aufgeführt; allein da man die für das Fahrbett der Brücke projectirte Neigung zu stark fand, beschlofs man den grofsen Bogen um einen Schuh zu erniedrigen, und die andern kleinern Bögen um soviel zu erhöhen. In der Absicbt beschrieb man aus mehrern Zirkelstücken ein Stück von einer Ovale, welches durch die neuen Höhen des Schlufssteins gieng, und an die bereits aufgeführten Anfänge des Gewölbes sich anschlofs. Das Zirkelstück *C D* von 40° (F. 33. T. 130.), dessen nach oben verlängerter Radius *E D* hart an den Sockel des vordern Pfeilerkegels hinstreicht, hatte den Radius *E C*. Den Rest *D A* der Halbovale bildete man aus 5 Zirkelstücken, jedes zu 10°, deren Mittelpuncte *L*, *K*, *J*, *H*, *F*, so dafs die verlängerten Radien das noch unbekannte Stück *G F* der verlängerten kleinen Axe in 4 Theile, welche sich wie die Zahlen 3, 4, 5, 6 verhalten, theilten. Die Berechnung der zur Construction der Curve erforderlichen Linien stützt sich auf die angegebene Fundamentalformel $x = 0,\ 2105242 \,.\, m - 0,\ 4515158\ (h - r)$.

f) Korblinien aus 11 *oder auch mehrern Mittelpuncten, deren Bögen eine vom Schlufse nach den Anfängen arithmetisch zunehmende Progression von Graden bilden, zu verzeichnen.* (Fig. 26.)

Man ziehe zur halben Weite *A O* und zur Höhe *O S* der zu entwerfenden Korblinie die Parallelen *S P*, *A P*, und in diesem entstehenden Parallelogram die Diagonale *P O*, beschreibe mit *P A* aus *P* den Quadranten *A ϱ*, mache den Winkel *A P n* gleich dem Winkel *O P ϱ*, verlängere die Linie *P n* bis zur halben grofsen Axe *A O*, das ist bis *A'*, und noch weiter bis zur verlängerten halben kleinen *S O*, das ist bis *T*; so werden diese 2 Puncte *A'* und *T* die beyden äussersten Mittelpuncte der halben Korblinie seyn. Um die dazwischen liegenden Mittelpuncte zu finden, ziehe man eine Parallele *M A'* mit *P O*, der Bogen *A M* von 27° wird der erste Kreisbogen und das letzte Glied von einer sechsgliedrigen arithmetisch zunehmenden Progression seyn, deren erstes Glied $x = 3°$ und die Differenz $d = 4°\ 48'$, aus den beyden Gleichungen, der Summe der 6 Glieder $= 6x + 15d = 90°$ und dem letzten Gliede $= x + 5d = 27°$, sich findet. Es ist daher der Bogen $AM = 27°$, $MM' = 22°\ 12'$, $M'M'' = 17°\ 24'$, $M''M''' = 12°\ 36'$, $M'''M^{IV} = 7°\ 48'$ und $M^{IV}S = 3°$. Man beschreibe jetzt aus *O* mit *O A* einen Quadranten *A R*, mache *V R* gleich dem fünften Theil des Quadranten, so wird $VR = 18°$. Dieser Bogen, in 6 Theile getheilt, giebt $tR = 3°$, welches das erste Glied der arithmetischen Progression ist. Um die Differenz davon zu erhalten, theile man *A V* in 15 Theile: so wird *s V* diese Differenz.

Man theile ferner $d\,T$ in 10 gleiche Theile, und gebe der Linie $d\,e$ vier, $e\,f$ drey, $f\,g$ zwey und $g\,T$ einen Theil. Aus T und mit dem Radius $O\,R$ beschreibe man einen Bogen, trage $t\,R$ von 1 in 2, und ziehe die Linie $T\,2\,M^{IV}$, welche mit $T\,S$ einen Winkel von 3° bildet. Aus G und dem Radius $O\,R$ beschreibe man einen zweyten Bogen, auf welchen man von 3 in 4 das Gradmaafs von den Bögen $S\,M^{IV}$ und $M'''\,M^{IV}$ oder das zweyfache Gradmaafs von $t\,R$ und das einfache von $s\,V$ aufträgt, und zieht die Linie $g\,4\,M'''$, welche mit $T\,S$ einen Winkel von 10° 48′, und mit $A^{V}\,M^{IV}$ einen von 7° 48′ macht. Aus f und mit dem vorigen Radius beschreibe man einen dritten Bogen, worauf man von 5 nach 6 das Gradmaafs der 3 Bögen $S\,M^{IV}$, $M^{IV}\,M'''$, $M'''\,M''$, oder das Dreyfache von $t\,R$ und das Dreyfache von $s\,V$ aufträgt, und zieht die Linie $f\,6\,M''$, welche mit $T\,S$ einen Winkel von 23° 24′ und mit $M'''\,A^{IV}$ einen von 12° 36′ macht. Aus e beschreibt man einen vierten Bogen, worauf man von 7 nach 8 das Gradmaafs der Bögen $S\,M^{IV}$, $M^{IV}\,M'''$, $M'''\,M''$ und $M''\,M'$, oder das vierfache von $t\,R$, und das sechsfache von $s\,V$ aufträgt, und zieht die Linie $e\,8\,M'$, welche mit $T\,S$ einen Winkel von 40° 48′, und mit $M''\,A'''$ einen von 17° 24′ bildet.

Die Puncte A^{V}, A^{IV}, A''', A'', wo sich jene Linien schneiden, sind die gesuchten Mittelpuncte zwischen den zwey äussersten A' und T der halben Korblinie. Die punctirte Curve ist eine Ellypse, und zeigt ihren Abstand von der Korblinie.

g) *Korblinien aus 11 oder mehrern Mittelpuncten zu ziehen, deren Bögen alle gleichviel Grade haben.* (Fig. 27.)

Vor allem bestimmt man nach der schon erklärten Methode die zwey äussersten Mittelpuncte A' und T, dann beschreibt man aus O und mit dem Radius $A\,O$ den Quadranten $A\,R$, theilt ihn in 6 gleiche Theile, errichtet in A' eine Perpendiculäre, bis sie dem Radius $O\,1$, durch den ersten Theilungspunct des Quadranten, in q begegnet; von q aus zieht man die Parallele $q\,r$ zu $A'\,O$, welche in den Puncten 6, 7, 8, 9 die Radien, durch die andern Theilungspuncte 2, 3, 4, 5 des Quadranten, schneidet. Trägt man die Theile $q\,6$, $6\,7$; $7\,8$; $8\,9$; $9\,r$ aus O in m, aus m in l, aus l in k, aus k in i, aus i in A', beschreibt aus jedem dieser Puncte A', i, k, l, m mit einem Radius $= O\,A$ die Bögen $10\,d$, $11\,e$, $12\,f$, $13\,g$, $14\,15$, so dafs der Bogen von 10 in d 15°, von 11 in e 30°, von 12 in f 45°, von 13 in g 60°, von 14 in 15 75°, und zieht durch die Puncte d, A'; e, i; f, k; g, l und T, m Linien, deren Verlängerung die Bögen $A\,M$, $M\,M'$, $M'\,M''$, $M''\,M'''$, $M'''\,M^{IV}$ und $M^{IV}\,S$ in gleiche Grade einschliefst: so geben die Durchschnittspuncte dieser Linien, wie in der vorhergehenden Figur, die Mittelpuncte A', A'', A''', A^{IV}, A^{V}, T für die Kreisbögen, woraus die Korblinie zusammen gesetzt wird. Dabey ist zu bemerken, dafs die Korblinie offener wird, als die Ellypse und der Cassinoide sich nähert, wenn man den Winkel $A\,P\,A'$, welcher den ersten Mittelpunct bestimmt, gröfser als den Winkel $O\,P\,Q$ (bey den Bögen von Neuilly ist dieser Winkel $A\,P\,A'$ gröfser als $O\,P\,Q$)

annimmt, und so umgekehrt. — Die punctirte Linie ist eine Ellypse, und zeigt ihr Verhalten zur Korblinie.

h) *Korblinien aus 11 Mittelpuncten zu ziehen, daſs sie die Form der Ellypse erhalten.* (Fig. 28.)

Man theile den Quadraten *A R* in sechs gleiche Theile in den Puncten 1, 2, 3, 4, 5 und ziehe durch sie Parallelen zu *R O*. Aus dem Punct *O* und mit dem Radius *O S* beschreibe man einen andern Quadraten, theile ihn in eben so viele gleiche Theile, und ziehe durch die Theilungspuncte 6, 7, 8, 9, 10 Parallelen zu *A O*, welche die erstern Parallelen in M, M', M'', M''', M^{IV} schneiden werden. Verbindet man diese Durchschnittspuncte mit geraden Linien, so bildet sich ein Polygon. Errichtet man aus der Mitte seiner Seiten Perpendikeln, deren zwey äuſserste die halben Axen *A O* und *S O* in A' und T, und die übrigen sich in A'', A''', A^{IV}, A^{V}, durchkreuzen; zieht aus den Puncten A', A'', A''', A^{IV}, A^{V}, T als Mittelpuncte Kreisbögen über die entsprechenden Seiten des Polygons; so wird die entstehende Kurve elliptisch seyn.

§. 404. *Die Theorie der gewölbten Brücken-Bögen* und im Allgemeinen, die der Gewölbe, haben mehrere Mathematiker bearbeitet, ohne mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate zu liefern; so daſs man noch jetzt genöthigt ist, sich bey Bestimmung der Dicke von den Pfeilern und Widerlagern, so wie von der Höhe des Schluſssteins oder der Stärke der Gewölbe in ihrem Gipfel, eines Theils an die bereits aufgeführten Werke, und andern Theils an die über die Tragkraft derer zu einer Brücke anzuwendenden Steine, zu halten; wie ich dies bereits erörtert und deswegen durch die Erfahrung begründete Regeln festzusetzen gesucht habe. In den bis jetzt bekannten Theorien sind die Gewölbsteine entweder als glatte Flächen betrachtet worden, oder man hat die Bindungskraft des Mörtels nicht gehörig berücksichtigt, wiewohl diese eine sehr wichtige Rolle bey den Gewölben spielt, indem sie so bedeutend ist, daſs wenn nach den von meinen ältesten Sohn, mit groſsen Werkstücken angestellten Versuchen, der obere Stein auf dem untern bey einem Winkel von 80′ nicht abgleitet, wenn er ohne Mörtel, bey einer schiefen Lage von 35 Grad über den untern Stein fortrutschte. Die zur 484. Seite gehörigen Tabelle, zeigt uns auch: mit welcher Verschiedenheit und Willkühr, die Dimensionen der oben erwähnten wesentlichen Theile der gewölbten Brücken bestimmt worden sind, so daſs wir darin ein sehr ungewisses Verfahren erkennen. Wiewohl nun die bisher bekannten Theorien der sichern Anwendung nicht entsprechen, so wird doch eine wissenschaftliche Uebersicht davon dem Studium der Brückenbaukunde unentbehrlich. Deſswegen darf sie in diesem Werke nicht fehlen. Ich habe daher den Ingenieur von *Camerloher* veranlaſst: aus den ihm mitgetheilten Schriften, folgenden kurzen Auszug der darin enthaltenen Theorien, zusammen zu tragen.

De la Hire stellte in seinem Traité de Méchanique 1695, mittelst der Lehre des Keils, das Verhältniſs auf, nach welchem das absolute Gewicht der Gewölbsteine

vom Schlufsstein bis zu den Widerlagern in einem Halbzirkelgewölbe zunehmen müsse, damit seine Steine, deren Fugen durchgehends nach dem Mittelpunct des Halbzirkels gehen, im Gleichgewicht sich erhalten. Er fand durch Berechnung, dafs zu diesem Zweck die Gewichte der Gewölbsteine sich unter einander verhalten müssen, wie die Differenzen der Tangenten von den Winkeln, welche die untern Fugen der Gewölbsteine mit der Verticale einschliefsen, nämlich wie *m i*, *i* 2, 2 3, 3 4 etc. (Fig. 33. Tab. 134.) Allein da diese Tangenten sehr schnell zunehmen, so erhellet hieraus, dafs die untersten Steine, welche die Anfänge des Halbzirkelgewölbes bilden, ein unendliches Gewicht haben mufsten, um den Druck der obern Steine widerstehen zu können. Nach den Principien dieser Theorie, die die Reibung und die vom Cement etc. entstehende Cohärenz der Gewölbsteine aufser Acht läfst, gäbe es schlechterdings kein Halbzirkelgewölbe, eben so wenig überwölbte oder auch gedruckte Bögen, welche mit ihren letzten Gewölbsteinen horizontal an die Widerlager oder Pfeiler sich anschlössen. Ferner folgt aus dieser Theorie, dafs der Schlufsstein, in den parabolischen Gewölben, dafs gröfste Gewicht, oder, bey gleicher spezifischer Schwere der Steine, die gröfste Höhe vor allen andern Steinen gleicher Basis haben müfste, so dafs diese gegen die Anfänge zu an Gewicht oder Höhe abnähmen, dafs die Gewölbe nach einer Kettenlinie aber allein gleichförmig schwer oder hoch würden, da bey ihren Gewölbsteinen von gleicher Basis die Differenzen der Tangenten gleich sind, oder bey Gewölbsteinen von ungleicher Breite die Differenzen ihrer Tangenten wie diese Breiten sich verhalten. In den Mémoiren der franz. Akademie der Wissenschaften, vom Jahre 1712, betrachtete *la Hire* das Problem des Druckes der Halbzirkelgewölbe auf ihre Widerlager unter einem von einigen Erfahrungen angegebenen Gesichtspunct und gab eine Auflösung, welche der Einfachheit des Calculs und der Resultate wegen von den meisten Praktikern für die Gewölbe überhaupt angenommen wurde, ohne sich zu bekümmern, ob sie auf alle Arten von Gewölben auch passe. In der Voraussetzung, dafs Gewölbe, deren Widerlager nicht hinreichend dick genug sind, um den Druck zu widerstehen, gegen die Mitte der Gewölbschenkel in der Höhe von ungefähr 45 Graden über den Anfängen sich spalten, betrachtet er den obern Theil des Gewölbes als einen Keil, welcher die Widerlager auseinander zu treiben oder umzustürzen sucht, und bestimmt durch die Theorie des Keils und des Hebels, die Dimensionen, welche die Widerlager haben müssen, um den Druck des Gewölbes widerstehen zu können. Lange Zeit hielt man sich einzig an diese Methode bey den Tonnen-Gewölben, und wandte sie sogar auf Kuppelgewölbe an, obschon diese zwey Arten von Gewölben sich gar nicht gleichen und Gleichungen von verschiedenen Graden angehören.

Nach den Rapports der französischen Akademie von 1704 bestimmte *Parent* nach den Principien des la Hire, durch Puncte die Krümmung, welche die äussere oder obere Gewölbfläche haben soll, wenn die Krümmung der innern Gewölbfläche

nach einem Halbzirkel gebildet ist; auch gab er das Maafs des Druckes an, den ein solches Gewölbe auf die Widerlager ausübe.

Couplet gab in diesen Mémoiren von 1729 und 1730 zwey Abhandlungen, über den Druck der Gewölbe; in der ersten nimmt er die Gewölbsteine als vollkommen polirt, in der zweyten aber, als so rauh an, dafs sie übereinander nicht zu rutschen vermögen; zwey Hypothesen, welche sich gleichweit von der Wahrheit entfernen.

Die Regel von *Derant*, in seinem Traite d'Architecture des voutes, scheint sich auf kein Prinzip zu stützen. Demungeachtet ward sie von *Blondel*, in seinem Cours d'Aarchitecture, von Dechallelles und in der Folge von la Rue angenommen. Sie besteht darin: die innere Curve irgend eines Gewölbes wird in drey gleiche Theile getheilt, alsdann zieht man die Sehne $a\,2$ (Fig. 29.), verlängert sie, bis $a\,4 = a\,2$ wird, und errichtet durch diesen Punct 4 eine Verticale $d\,4\,f$, welche mit $a\,e$ die Dicke des Widerlagers bestimmt. Man sieht, dafs bey diesem Verfahren weder auf die Dicke und Form der äussern Krümmung des Gewölbes noch auf die Höhe der Widerlager Rücksicht genommen wird. Für ein oben horizontal abgeflächtes Halbzirkelgewölbe, giebt diese Methode die Dicke der Widerlager gewöhnlich viel zu grofs.

Die vom *Gautier* angegebene Methode ist noch fehlerhafter als die von Derand, die doch der erste verbessern wollte. Bey seiner Methode ist nur auf den Diameter und die Höhe des Bogens Rücksicht genommen. Man zieht nach derselben nämlich vom Anfang des innern Bogens an dessen Mitte die Linie $b\,c$ (F. 29. T. 134.) aus dem Puncte b als Mittelpunct mit $b\,e$ als Radius den Quadraten $n\,c\,g$, durch den Durchschnittspunct i der Sehne $n\,g$ mit $c\,b$ die Horizontale $i\,l$, verlängert sie bis k, wo $kl = il$ ist, und fällt von k die Verticale $k\,r$, welche mit der Parallele $b\,e$ die Dicke des Widerlagers angiebt. Diese Methode giebt noch gröfsere Dicken als die vorhergehende. Gautier hat sich übrigens bemüht, aus den Bauwerken des Alterthums die Höhe der keilförmigen Steine für Halbzirkelgewölbe nach ihrer Weite zu bestimmen. Er nimmt $\frac{1}{15}$ der Bogenweite zur Höhe der Gewölbsteine an.

Belidor baute die in seinen Ingenieur-Wissenschaften vom Jahre 1729 vorgetragene Theorie der Gewölbe gröfstentheils auf die Prinzipien des la Hire. Er nimmt an, dafs jedes Halbzirkelgewölbe (Fig. 34.) so wie jedes andere aus gleich grofsen Gewölbsteinen ohne irgend ein fremdes Verbindungsmittel bestehe, deren Schwerpuncte so liegen, dafs eine gerade Linie durch je zwey benachbarte Schwerpuncte perpendiculär auf ihre gemeinschaftliche Fuge ist und deren gegenseitig sich berührende Flächen so polirt sind, dafs sie volle Freyheit haben übereinander zu glitschen, im Fall nicht äussere Umstände es hindern. Die Schwere eines jeden solchen Gewölbsteines z. B. $i\,i\,2\,2$, dessen Schwerpunct in 4 und nach der Richtung 4 3 wirkt, wird in ihren auf die Flächen $i\,i$, $2\,2$ der zunächst anliegenden Steine perpendiculären Sei-

tendruck zerlegt, so dafs der mittlere seitendruck auf eine Fläche genau in ihre Mitte trift. Diese Wirkung nach den Seiten, welche vom Schlufsstein, derselbe mag aus einem oder zweyen Stücken bestehen, ebensowohl als von jedem andern Gewölbstein gilt, aber nach der Lage des Steines variirt, wird im Ganzen nach den beyden Widerlagern einen gewissen Seitendruck ausüben, und wenn diese nicht gehörigen Widerstand leisten, sie auseinander drücken. Da in diesem Fall nach la Hire ein Halbzirkel-Gewölbe in der Mitte der Lenden, d. i. in l und l' sich spaltet, so vermuthet Belidor, dafs hier der ganze Druck der Gewölbsteine sich concentrire, und betrachtet daher das Gewölbe aus 3 oder auch 4 Theilen zusammengesetzt und die 2 untern Theile mit den Widerlagern verbunden, auf welche der obere oder die 2 obern Theile keilförmig einwirken. Er zieht in dieser Voraussetzung auf die Mitte der beyden Seiten $f\,c$, $f'\,c'$ dieses mittlern Keilstückes die Perpendikeln $a\,l\,o$, $a\,l'\,o'$, nach welchen Richtungen der Seitendruck sich äussere, auf diese Richtungen von m, m' die Lothen $m\,o$, $m'\,o'$ und findet die gleichförmige Dicke der Widerlager $z\,b\,n\,m$ eines Halbzirkelgewölbes $b\,s'\,b'\,e'\,s\,e$ für den Fall des Gleichgewichts zwischen dem Seitendruck und den Widerlagern nebst den damit verbundenen Gewölbstücken durch folgende Berechnung. Es sey $l\,k$ oder $k\,d$ (da der Winkel $l\,d\,k = 45°$ angenommen ist) $= a$, $l\,d = b$, $b\,v = c$, $z\,m = d$, $z\,b = m\,n = y$ und $a + d - e = f$, die Fläche jedes Gewölbstückes $s\,c$ und $c\,e = n\,n$, $7\,n = g$. Da das Moment des Seitendruckes an dem Hebelsarm $m\,o$ der Schwere des Widerlagers $z\,n$, dessen Schwerpunct lothrecht die Basis $m\,n$ in der Mitte t trift, und der Schwere des damit verbundenen Stückes $c\,e$, dessen Schwerpunct q auf $m\,n$ in 7 sich projectirt, an ihren entsprechenden Hebelsarmen $m\,t$, $m\,7$ in Beziehung auf das Hypomochlion m das Gleichgewicht halten soll, so mufs folgende Gleichung *) statt finden: $\frac{b.\,nn.}{a}$

$$\frac{a}{b}(f - y) = d\,y.\,\frac{y}{2} + n\,n.\,(y - g),$$

woraus die Dicke y des Widerlagers sich ergiebt. Bey ellyptischen gleich dicken Gewölben theilt Belidor die Länge des halben Gewölb-Bogens in zwey gleiche Theile, zieht von dem Theilungspuncte eine auf die Normale dieses Punctes perpendiculäre Linie, nimmt diese zur Richtung des Seitendruckes des Gewölbes und verfährt übrigens auf eine ähnliche Art, wie bey dem Halbzirkelgewölbe gezeigt wurde.

*) Der Vorwurf, den Succow S. 81 a) seiner bürgerl. Baukunst, dem Belidor macht, dafs dieser auf den senkrechten Druck, mit welchem noch der obere Bogen, aufser dem Seitendruck nach $l\,o$, das Widerlager drücke, in seinen Berechnungen keine Rücksicht genommen; löfst sich durch die Gegenerinnerung, dafs der vom Belidor angenommene schiefe Seitendruck des obern Bogens in einen horizontalen und senkrechten, welcher letztere der natürlichen Schwere des drückenden Bogentheils gleich ist, auflösen lasse, dieser letztere also in den schiefen Druck schon begriffen, sohin nicht noch einmal in Anschlag zu bringen ist.

Bey Halbzirkelgewölben, die oben horizontal auslaufen, wie $m p'' v' s s' b n$ (Fig. 34.) zur Hälfte zeigt, zieht Belidor gleichfalls in der Mitte des halben Bogens $s b$ die normale Fuge $f c$, aus der Mitte von $f c$ den Perpendikel $l o$ als die Richtung des Seitendrucks, nimmt $w s s' c$ zum seitwärts drückenden Stück $= n n$ und $p'' v' n m$ zum widerstehenden und läſst dafür, daſs er $w h f$ zum agirenden Stück rechnete, $b g c$ auſser Berechnung des reagirenden. $m p = f$, $p'' m = d$, $m n = y$, $p l = p z = y + c$, also $m z = f - y - c$ gesetzt ist $y = \sqrt{\left(\frac{2 f n n - 2 c n n}{d} + \left(\frac{n n}{d}\right)^2\right)} - \frac{n n}{d}$.

Bey Brückengewölben *), deren Widerlager (Fig. 34.) bis zur Höhe z oder p reichen, und die bis zu der gebrochenen Linie $h s h$ des Fahrtweges mit einem Bruchstein-Mauerwerk oder mit Erde bedeckt sind, zieht Belidor, seinen allgemeinen Principien gemäſs, in der Mitte der Bogenlende die normale Fuge $f c$, durch ihre Mitte den Perpendikel $l o$, und betrachtet $s f c s'$ als das seitwärts wirkende und $f e z m n b c$ oder, wenn das Widerlager bis p reicht, $f p m n b c$ als das widerstehende Stück des halben Gewölbes. Ist $l k = k d = a$, $b v = n r = c$, $z m$ oder $p m = d$, $n 7 = g$, $n 7' = g'$ (indem $7'$ die Projection des Schwerpunctes x von $b p' f c$ ist), die Fläche $f s s' c = n n$, $f e b c = h h b p' f c = h' h'$, $d - c = f$, $l d = b$, $\frac{n n + h h}{d} = p$ und $\frac{n n + h' h'}{d} = p'$, $m n = y$; so ist für ein Brückengewölbe aus einem Halbzirkel die Dicke des Widerlagers, je nachdem es bis z oder p reicht, $y = \sqrt{\left[\frac{2 f n n + 2 g h h}{d} + p p\right]} - p$ oder $= \sqrt{\left[\frac{2 f n n - 2 g h' h'}{d} + p' p'\right]} - p'$.

Wie man bey gedruckten Brückengewölben nach den Belidor'schen Principien zu erfahren habe, läſst sich aus diesem und den über die ellyptischen Bögen Angeführten leicht abnehmen.

Da Belidor auf die übrige Belastung, welche das Brückengewölbe noch zu tragen hat, in dieser Berechnung keine Rücksicht nimmt, so räth er die berechnete Dicke der Widerlager noch um ein Sechstheil zu vermehren oder mit einer Mauerschräge, deren Böschung ein Dritt- oder Viertheil der Höhe beträgt, oder mit Strebepfeilern zu verstärken.

Die Dicke der Zwischenpfeiler einer Brücke unterwirft Belidor keiner Berechnung, indem dieselben, sofern die Bögen einander gleich, einem doppelten, sich ganz gleichen, aber entgegengesetzten Druck ausgesetzt sind.

*) Die von Succow nach Belidor's Formeln berechnete, und in seiner bürgerlichen Baukunst mitgetheilte Tabelle von der Dicke der Widerlager für Tonnengewölbe, stimmt, wie er sagt, mit den Berechnungen, welche von einem k. Dänischen Ingenieur entworfen, und von Böhm im VI. B. seines Magazins für Ingenieurs und Artilleristen bekannt gemacht wurden, sehr genau überein.

Untersucht man die Principien, worauf die Belidor'sche Theorie sich gründet, so kann man dagegen unter andern folgendes einwenden: *a*) daſs die Gewölbbögen immer durchgehends gleich dick genommen werden; *b*) daſs die perpendiculäre Richtung des mittlern Druckes, den das obere Gewölbstück auf die Fuge fc ausübt, durch ihre Mitte l geht, obwohl ein Zirkelring durch einen in der Mitte gezogenen concentrischen Zirkelbogen nicht in vollkommen gleiche Theile zerfällt; *c*) daſs die Stelle des concentrirten Seitendruckes bey jedem Gewölbe, von welcher Form es auch sey, durchgängig in die Mitte der Gewölbschenkel gesetzt wird. Nicht einmal bey gleich dicken Halbzirkelgewölben kann diese Stelle, welche vom Schluſs angerechnet in den 45° trifft, und bis zu der nach den Beobachtungen des la Hire alte eingefallene Gewölbe mit ihren Widerlagern sich erhalten haben sollen, als diejenige in Rechnung kommen, wo der Seitendruck den Ruin des Gewölbes am meisten bedroht; denn die Stelle, in welcher der Druck den Widerstand am meisten übertrift, kann von der Stelle des wirklich erfolgenden Bruches sehr verschieden seyn. Jene erstere Stelle, für die doch der Widerstand oder die Dicke der Widerlager berechnet werden muſs, kann vielleicht mehr nach dem Schlusse hin fallen, in der Regel etwa in den 38ten Grad, wie Schulze in seinen Beyträgen zur hydraulischen Architectur durch Berechnung findet, oder in den $22\frac{1}{2}$°, wie Meerwein aber ohne hinreichendes Raisonnement angiebt, und der hier überlegene Druck könnte das Gewölbe etwas zur Seite auswärts drücken; im Augenblick des Weichens bekämen die obern Steine die Freyheit bis zu 38° auf beyden Seiten herabzustürzen und denselben folgten, die Cohärenz des Fugenverbandes und die Friction mit der Schwere überwindend die andern von 38° bis zum 45°, wo auf beyden Seiten der Schwerpunct des untern Gewölbrestes gerade noch in die Basis des untern Steines trift. Herr Langsdorf findet nach seinen auf irrigen Principien gegründeten Berechnungen eines speciellen Falles die gefährlichste Stelle nicht ober, sondern unter dem 45°, in dem 63°. Bedenkt man, daſs ein oberes Gewölbstück nie einen Seitendruck äussern könne, so lange alle Gewölbsteine in ihren Fugen durch ein Bindungsmittel gehörig verbunden bleiben, wohl aber alsdann, wenn ein oberes Gewölbstück mit 2 oder 3 Fugen losgeworden: so müſste man bey den nur bis zum 45° eingefallenen Gewölben unter diesem Grade eine lose Fuge wahrnehmen können, wenn anders nach Herrn Landsdorf die gefährlichste Stelle des effectiv sich geäuſserten Seitendruckes unter dem 45° fiele; *d*) daſs Belidor darin sich geirrt zu haben scheint, ein Gewölb, dessen äussere und innere Krümmung ähnliche Ellypsen sind, habe durchaus einerley Dicke, da es doch offenbar ist, daſs sich die Dicke eines solchen Gewölbes beym Kämpfer oder Widerlager zur Dicke beym Schluſsstein verhalten würde, wie die gröſsere Axe der Ellypse zur kleinern (S. Kästners Analysis endlicher Gröſsen III. Aufl. S. 244). Um einen gleich dicken elliptischen Ring zu beschreiben, hat man sich nicht ähnlicher Ellypsen zu bedienen, sondern zweyer Ellypsen, die durch die nachstehenden 2 Gleichungen be-

stimmt sind: $Y^2 = \frac{1}{4}(c+2m)^2 - \frac{(c+2m)^2}{(a+2m)^2} V^2$; $y^2 = \frac{1}{4} c^2 - \frac{c^2 v^2}{a^2}$, worin c die kleinere Axe, a die grofsere, Y, y die auf die gröfsere Axe senkrechten Ordinaten und V, v die ihren entsprechenden Abscissen vom Mittelpunct der Axen angerechnet, und m die Gröfse bedeutet, um welche die gröfsere Ellypse von der kleinern durchgehends gleich abstehen soll; *e*) dafs Belidor zur vollkommnen Stabilität der Widerlager ihren Widerstand gegen das Umdrehen allein, und nicht auch den Widerstand gegen das horizontale Verschieben annimmt; welcher bey Brückengewölben vorzüglich zu berücksichtigen ist.

Lambert giebt im III. Theil seiner Beyträge zum Gebrauch der Mathematik die Auflösung über das Gleichgewicht der Gewölbe. Er findet, dafs ein Gewölb, von dessen Dicke abstrahirt wird, im Gleichgewicht sich befinde, wenn ihre Kurve eine umgekehrte Kettenlinie ist, bey einem Gewölb von gleicher Dicke aber im Zustande des Gleichgewichtes die Kettenlinie durch die Mitte seiner Dicke und der Fugenschnitt immer nach ihrer Normale gehen müsse. Das Problem einer schweren Kurve, deren einzelne Theile unter sich im Gleichgewichte sind, gehörte unter die Speculationen des Galilei und ward von mehrern Mathematikern, von Jakob und Johann Bernoulli, Huyghens, Leibnitz etc. aufgelöst.

Lambert berechnet die innere Kurve eines nach oben horizontalen Brückengewölbes im Zustande seines Gleichgewichts. Im Fall die Gewölbsteine nicht bis zur Horizontallinie reichen, wie die rechte Hälfte von Fig. 30. zeigt, sondern das Gewölb die Bauart hat, wie die linke Hälfte von Fig. 30. angiebt; so findet folgende Berechnung statt. An einem beliebigen Punct d des Bogens, wohin der mittlere Druck des Bogens sm mit der auf ihm ruhenden Last $esqd$ trift, ziehe man die Perpendiculäre ds' auf die Normale, nach welcher der Fugenschnitt in d geht, ferner die Horizontale dp, bis sie mit der Verticale $s'p$ sich schneidet: so drückt die Linie $s'd$ den schiefen Druck des Gewölbstückes $aeqd$ auf die Fuge in d aus, und $s'p$ den lothrechten Druck, welchen der Schwerpunct dieses Gewölbstückes auf d ausübt, so wie dp dessen horizontalen Druck in d, unabhängig, ob im Scheitel des Gewölbes eine lose Fuge ist oder nicht, ob das genannte Gewölbstück aus einem oder mehrern losen Theilen besteht. Nun nehme man an, dafs der horizontale Druck des untern Gewölbstückes gleich dem des obern und immer derselbe ist, man mag das obere Stück so grofs oder so klein nehmen, als man will, und setze ihn $= p$, das Gewicht oder den lothrechten Druck des obern Stückes $= v$, so ist $dp : s'p = p : v$ also $v = p. \frac{s'p}{dp} = p.$ tang $s'dp = p$ tang w, wenn $s'dp = w$ ist. Dieses ist die Fundamentalgleichung von der Natur der zu suchenden Kurve. Ist $qm = x$, $eq = y$, so wird $\int x.dy = v = p.$tang w. Die analytische Reduction dieser Gleichung führt auf die Glei-

chung $y = \sqrt{p}. \log. \frac{[x + \sqrt{x^2 - a^2}]}{a}$ worin $a = e\,a$ gesetzt ist. Diese Gleichung giebt die gesuchte innere Kurve $a\,m\,b$ des Gewölbes mittels ihrer Abscissen und Ordinaten. Im Fall aber die Gewölbsteine bis zur Horizontallinie reichen, wie die rechte Hälfte von Fig. 30. zeigt, so wird wieder auf eine ähnliche Art, wie schon angeführt, $v = p.$ tang w für das Gewölbstück $e\,r'\,m'\,a$, indem p dessen horizontalen Seitendruck auf die Fuge $m'\,r'$ ausdrückt. Nun ist $\int x\,d\,y + \frac{1}{2}\,x^2$ tang $w = v$, also auch $\int x\,d\,y + \frac{1}{2}\,x^2$ tang $w = p.$ tang w. Die analytische Entwickelung dieser Gleichung führt auf $d\,y = \frac{d\,x\ (2\,p - x\,x)}{\sqrt{(a^4 - 4\,a^2\,p + 4\,x^2\,p - x^4)}}$ worin die Buchstaben die vorher angegebene Bedeutungen haben.

Die Integration dieser Gleichung, welche der elastischen Curve angehört, kann nur durch Glieder einer unendlichen Reihe unvollständig dargestellt werden. Lambert, Däzl und Berard, welche die nämliche Differential-Gleichung finden, unterließen daher diese Integration; Prony bediente sich zur Berechnung von v einer Approximations-Methode, welche die Integration sehr vereinfacht, wie wir noch sehen werden.

Lambert gibt für die angeführten im Gleichgewichte stehenden Gewölbarten keine Bestimmung der Widerlager, indem er der Meinung ist, daſs dieselben gar keiner Widerlager bedürfen. Es ist allerdings gewiſs, daſs in solchen Gewölben der entgegengesetzte Seitendruck, der sich berührenden Seitenflächen von je zwey benachbarten Gewölbsteinen, sich wechselseitig aufhebt, und nur noch der Seitendruck von der Grundfläche des untersten Gewölbsteines, womit eine jede Hälfte des Gewölbes auf eine unbewegliche Basis sich stützt, getilgt zu werden übrigt. Sollte nun das Gewölbe gar keinen Seitendruck mehr haben, und daher auch keiner Widerlager bedürfen, so müſste dieser Seitendruck des untersten Steines von der Reaction der unbeweglichen Ebene getilgt werden. Was die Gewölbe, deren äussere, mittlere oder innere Krümmung eine umgekehrte Kettenlinie, eine Parabel oder deren äussere Fläche, wie bey Brückgewölben, geradlinigt ist, anbelangt; so giebt es keinen Fall, wo der unterste der Gewölbsteine, deren Seitenflächen für die Bedingung des Gleichgewichts immer eine normale Neigung haben müssen, zugleich eine normale und horizontale Grundfläche hätte, mit der er auf eine unbewegliche Ebene aufliegen könnte, und dieses ist der einzige Fall, wo der verticale Seitendruck der Grundfläche des untersten Gewölbsteines von der Reaction der unbeweglichen horizontalen Ebene (mit Abstraction von der Reibung) vollkommen getilgt werden könnte. In den Fällen, daſs der unterste Gewölb-Stein auf eine unbewegliche schiefe Ebene gestützt gedacht wird, wird zwar der Seitendruck dieses untersten Steines von der Ebene getilgt; allein hier vertritt die Unbeweglichkeit der schiefen Ebene mehr als künstliche Widerlager oder Verstärkungen des untersten Steines. Bey den andern im

gleichgewichte der Theile stehenden Gewölbarten, deren eine Krümmung zirkular oder elliptisch ist, kann zwar die Grundfläche des untersten Gewölbsteines horizontal werden, allein nach der Formel, welche von dem Einflufs der Reibung abstrahirt, wird ein solch unterster Stein unendlich schwer oder lang, und schliefst daher mehr als endlich starke Widerlager in sich. Dieses sind meine Grundsätze, in Betreff der Widerlager für Gewölbe, die in dem angegebenen Sinne im Gleichgewichte stehen. *Apfaltern*, der für kettenlinige Gewölbe, und Berard, der überhaupt für die im Gleichgewichte stehenden Gewölbe die Widerlager zu bestimmen lehrt, scheinen daher von denselben, von ihnen nicht entwickelt angegebenen Grundsätzen geleitet worden zu seyn. Ich glaubte diese nähere Untersuchung der Lambertschen Ansicht auch defswegen hier machen zu müssen, da auf dieser die Regel von Lambert beruht, für Gewölbe, denen die Gleichgewichts-Kurven nicht zum Grunde liegen, die Widerlager zu bestimmen, und die nähere Beleuchtung des Grundes dieser Regel, welche Mönnich in seiner bürgerlichen Baukunst als die bisher befste anrühmt, den Werth der Regel selbst enthüllt. Diese besteht nämlich darin. Wenn $c\ b\ s\ s'\ b'\ e'$ (Fig. 34.) der Durchschnitt eines Tonnengewölbes und $n'\ b'$ die Höhe der Widerlager, so verzeichne man eine verkehrte Kettenlinie, welche im Scheitel durch den innern Punct s' und durch die äussern Puncte e, e' des Gewölbes geht, verlängere diese Kettenlinie, wie sie auf der rechten Seite der Figur angegeben ist, auf beyden Seiten, bis sie die Basis der Widerlager trift, trage von diesem Punct aus die Dicke $s\ s'$ des Gewölbes nach m, so ist $n'\ m$ die hinreichende Stärke des Widerlagers des gleichdicken Tonnengewölbes; denn denkt man sich auf beyden Seiten der Kettenlinie die mit ihr parallelen Bögen, wie $s\ m$, $k\ b'\ m'$ für die rechte Seite des Gewölbes punctirt zu sehen, so hätte allerdings unter der gewöhnlich nicht statt findenden Voraussetzung, dafs die Fugenschnitte des Tonnengewölbes auf diese mittlere Kettenlinie perpendikulär sind und dafs der Seitendruck des untersten Steines und hiemit das Weichen des Gewölbes auf der Basis $n'\ m$ nach der Ansicht Lamberts aufgehoben wäre, das von diesen Parallelbögen eingeschlossene Tonnen-Gewölbe, welches nur einen Theil des verzeichneten Kettengewölbes ausmacht, und eben so andere Gewölbe, die aufser dem Gewölbbogen noch andere Lasten zu tragen haben, und für welche die Stärke der Widerlager anstatt der Kettenlinie, vermittelst einer andern diesen Lasten entsprechenden Gleichgewichts-Curve gefunden wird, durch die so ausgemittelte Widerlagstärke Stabilität genug. Da aber die Voraussetzung Lamberts, worauf sich die Folgerung seiner Regel gründet, irrig: so erhellet, wie wenig sicher und wahr die Folgerung selbst ist. Er untersuchte endlich noch die interessante Frage, in welchen Stellen ein gleich dickes und gleich mürbe gewordenes Tonnengewölb mit lothrechten Brechfugen am leichtesten herabbrechen möchte, und fand diese zwey Stellen, durch Differenzirung von $\frac{x}{\sec. x}$, vom

Schlufs des Gewölbes um 49° 17′ 36″ gleichweit entfernt. Für zwey oben horizontale Brückengewölbe, deren innere Krümmung zirkular, und deren eine Schlufsdicke dem 20sten, und die andere dem 40sten Theil des Diameters gleich war, fand ich die zwey gefährlichsten lothrechten Brechstellen des ersten Gewölbes vom Schlufs um 60°, und die des andern vom Schlufs um 50° gleich entfernt. Brückengewölbe aus einem Kreisstück von weniger als 100° werden daher nach diesem Calcul am leichtesten in der Nähe ihrer Widerlager rissig, hier und im Schlufs möchte übrigens auch aus andern Ursachen ein Brückengewölb, dessen Gewölbbogen gleich dick und die Schenkel ausgemauert sind, dem Bersten am meisten ausgesetzt seyn, wie diefs die Erfahrung überhaupt und die noch zu beschreibenden Versuche Boistards insbesondere zeigen.

Däzl, Professor auf der Universität zu Landshut, fand auf einem andern analytischen Weg die nämlichen von Lambert angegebenen und noch andere Resultate, welche er in den kurpfälzisch-physikalisch-ökonomischen Bemerkungen vom Jahre 1783 gröfstentheils mittheilte. Wenn (Fig. 35.) $b\,a\,b'$ die innere Curve irgend eines Gewölbes ist, dieses mag gleich oder ungleich dick seyn, und wenn in der Richtung $c\,k$ der Schwerpunct des zwischen dem Scheitel und irgend einer Fuge $t\,m$ enthaltenen Gewölbstückes liegt, $c\,k$ aber dessen lothrechten Druck bedeutet: so wird dieser Druck auf den Scheitel den horizontalen Druck $c\,f$, und auf die Fuge $t\,m$ des untern, unendlich dünnen Gewölbstückes $t\,t'\,m'\,m$ den auf sie perpendiculären Druck $c\,d$ bewirken. Die Bedingung des Gleichgewichts fordert 1) dafs der erste Druck $c\,f$ im Scheitel von einem gleichen entgegen gesetzten Druck der andern Seite vollkommen getilgt werde, das linkseitige Gewölbstück $a\,m$ mag so grofs oder so klein gedacht werden, als man will; dafs also sein Horizontaldruck $= p$ im Scheitel immer gleich dem entgegen gesetzten der rechtseitigen Gewölbhälfte, d. i. p immer constant seyn müsse; 2) dafs das untere, unendlich dünne Gewölbstück einen eben so grofsen seitendruck in der Richtung $d\,c$ auf das obere Gewölbstück ausübe, als dieses auf jenes. Zerlegt man den lothrechten Druck dieses untern Gewölbelements in zwey Seitenkräfte, wovon die eine die auf die Fuge $t'\,m'$ perpendiculäre Richtung, und die andere die Richtung der Normale erhält, und löst man die letztere Kraft wieder in zwey auf die Fugen $t'\,m'$, $t\,m$ perpendiculäre Seitenkräfte auf: so wird der Druck in der Richtung $d\,c$ *) $= \frac{\cos.\ \omega\ .\ d\,v}{d\,\omega}$, wenn $d\,v$ den lothrechten Druck des untern Gewölbelements, so zugleich das Differenzial der Schwere v des obern Gewölbstückes, und ω den Winkel $c\,d\,k$ bedeutet. Der entgegen gesetzte Druck $c\,d$ dieses obern

*) Der nämliche Werth für $d\,c$ ergiebt sich kürzer, wenn man den lothrechten Druck in einen auf $t'\,m'$ perpendiculären, und in einen andern nach der Richtung $d\,c$ zerlegt, welcher letztere den angegebenen Werth erhält.

Gewölbstückes ist $= \frac{p}{\cos. \omega}$, daher im Zustande seines Gleichgewichts mit dem Gewölbelement $\frac{\cos. \omega \,.\, d\,v}{d\,\omega} = \frac{p}{\cos. \omega}$ oder $\frac{d\,v}{p} = \frac{d\,\omega}{\cos.^2 \omega}$, und im Zustande seines Gleichgewichts mit dem ganzen untern Gewölbstück, dem der innere Curventheil $m\,b$ zugehört, $\int \frac{d\,v}{p} = \int \frac{d\,\omega}{\cos.^2 \omega}$ oder $v = p$ tang. ω. Dieses ist die Fundamentalgleichung aller Gewölbarten im Zustande des Gleichgewichts ihrer Theile. Ist nun (Fig. 31.) die innere Curve eines Gewölbes eine Ellypse, so gilt für diese $y^2 = a^2 - \frac{a^2\,x^2}{b^2}$, wenn a, b die halbe grofse und die halbe kleine Axe, y, x die Ordinate und Abscisse, letztere auf der kleinen Axe von ihrem Mittelpunct aus genommen, bedeutet; ferner $\frac{d\,x}{d\,y} =$ tang. ω, daher $v = p\,\frac{d\,x}{d\,y}$, und $d\,v = p\,d\left(\frac{d\,x}{d\,y}\right)$, $m\,n = m'\,n = r =$ Radius des Berührungskreises für $m\,m'$; $m\,t$, $m'\,t'$ die Fugen in der Richtung dieses Radius, 1 2, 3 4 zwey unendlich kleine Bögen, mit den unendlich wenig voneinander verschiedenen Radien $n\,4 = z$, und $n\,2 = z + d\,z$ beschrieben, $1 : d\,\pi$ das Verhältnifs des Kreisdurchmessers zum Differenzial der Kreislinie, also $3\,4 \,.\, 4\,2 = 2\,z\,d\pi \,.\, dz = d^2\,v$, und $z^2\,d\,\pi + c = d\,v = t'\,m'\,m\,t$; $c = -\,r^2\,d\,\pi$, wenn $z = r$, also $d\,v = o$; daher $(z^2 - r^2)\,d\,\pi = d\,v$; ferner $d\,\pi = \frac{\sqrt{d\,x^2 + d\,y^2}}{2\,r}$ *) und $p\,d\left(\frac{d\,x}{d\,y}\right) = \frac{(z^2 - r^2)\sqrt{d\,x^2 + d\,y^2}}{2\,r}$. Wird für $d\,y$ der Werth aus der für die Ellypse angegebenen Gleichung abgeleitet, $h = t\,m$ und $z = r + h$ gesetzt, und in der vorstehenden Gleichung substituirt: so folgt aus dieser, dafs $h = + \sqrt{\left[\frac{2\,r\,p\,b^4}{a\,x^2\sqrt{(b^4 - b^2\,x^2 + a^2\,x^2)}} + r^2\right]} - r$, und die Dicke des Gewölbes vom Schlufs abwärts zunehme, und für $x = o$ unendlich grofs **) werde. Aus der Bestimmung der obersten Gewölbdicke, der innern Bogenhöhe und Weite läfst sich p, und alsdann die Form des ganzen äussern Gewölbbogens finden. Für $a = b = r$ oder für einen Kreisbogen zur innern Curve wird $h = + \sqrt{\left(\frac{2\,a^2\,p}{x^2} + a^2\right)} - a$. Auf eine ähnliche Art läfst sich die äussere Curve eines nach innen parabolischen Gewölbes berechnen. Aus dem Calcul resultirt, dafs die Dicke eines solchen Gewölbes vom

*) Nicht, wie von Däzl aus Versehen geschehen, $d\,\pi = \sqrt{d\,x^2 + d\,y^2}$, wodurch der darauf gebaute übrige Calcul fehlerhaft geworden.

**) Der Anschlag der Reibung reducirt, wie in der Theorie von Prony gezeigt werden wird, diese unendliche Dicke auf eine endliche.

schlufs abwärts beständig abnehmen müsse, eine Regel, die, wie erinnert, schon la Hire erwiesen, und der Baumeister des französischen Pantheons nicht befolgt hat. Bey Brückenbögen, die aus einem Bogen und einem sattelförmig darauf gesetzten Mauerwerk von gleicher spezifischer Schwere des Bogens bestehen, wie $b\,B\,A\,c\,b'$ (Fig. 35.) zeigt, mufs gleichfalls der Druck des obern Gewölbstückes $a\,A\,q\,m$ mit dem Gegendruck des Bogenelements $t\,t'\,m'\,m$ sammt dem darauf treffenden Theil des sattelförmigen Mauerwerks im Gleichgewichte seyn. Da nun auch in diesem Fall die allgemeine Gleichung $v = p$ tang. ω gilt, $A\,p' = x$, $p'\,m = y$, der Winkel $B\,A\,p' = A$ gesetzt, das Element der Fläche $A\,m$, welche die Last des Bogens $m\,a$ ausdrückt, $= x\,d\,y - \frac{y\,d\,y}{\text{tang. } A}$, also sein Integrale $= v = p$ tang. $\omega = p\,\frac{d\,x}{d\,y}$: so giebt die analytische Entwickelung dieser Gleichung, für $A = 90°$, oder für ein oben horizontales Gewölb, wie die linke Hälfte von Fig. 30. zeigt, $y = \sqrt{p}\,.\,\log.\left(\frac{x + \sqrt{(x^2 - a^2)}}{a}\right)$, worin a die Gewölbdicke im Schlufs bedeutet, und hiemit die Natur der innern Curve. Für diejenige eines oben horizontalen Gewölbes, deren Steine bis zur Horizontallinie, wie die rechte Hälfte von der citirten Figur angiebt, reichen, findet Däzl dieselbe Gleichung wie Lambert.

Prony hat in seiner im Jahr 1790 herausgegebenen Architecture hydraulique die Theorie der Gewölbe gleichfalls behandelt. Er stellt sich zur Berechnung des Gleichgewichts des Gewölbbogens und der Widerlager jedes Gewölb, mit Einschlufs seiner Widerlager, aus 3 einzelnen Theilen vor, nämlich (Fig. 36.) aus dem Gewölbtheil $i\,r\,r'\,i'$, dessen Masse $= A$ und der im Schlufs s auch getheilt gedacht werden kann, und aus den zwey unter den symetrischen Brechfugen $r\,i$, $r'\,i'$ befindlichen Gewölbtheilen mit den damit verbundenen Widerlagern, deren jedes zur Masse B hat. Indem δ die Entfernung $\varrho\,z$ des Punctes ϱ von dem auf die Mitte der Fuge $i'\,r'$, wo der Mittelpunct des die Fuge treffenden Druckes angenommen wird, errichteten Perpendikel, δ' die horizontale Entfernung des Schwerpuncts der Masse B von dem Puncte ϱ, a den von der Brechfuge und der Verticale gebildeten Winkel, f den Widerstand, welcher einer horizontalen Verschiebung sich widersetzt, und φ das spezifische Gewicht der durchaus homogenen Gewölbmasse bezeichnet, so findet Prony für die Bedingung des Gewölbes, dafs das Widerlager nicht um ϱ sich drehen und umgestürzt werden kann, die Gleichung $\frac{\frac{1}{2}A}{\text{sin. } a}\,.\,\delta = B\,.\,\delta'$ oder $\frac{\frac{1}{2}A}{B} = \frac{\delta'}{\delta}\,.\,\text{sin. } a$, wobey $\frac{\frac{1}{2}A}{\text{sin. } a}$ der schiefe Seitendruck des obern Gewölbtheiles in der Richtung $p\,z$ ist. Wird $\frac{\frac{1}{2}A}{B} < \frac{\delta'}{\delta}\,.\,\text{sin. } a$, so besitzt das Widerlager mehr als die zum Gleichgewichte erforderliche Masse. Der letztere Ausdruck begreift in sich auch den Fall, wo δ ne-

gativ oder $\varrho' z'$ wird, und das Widerlager nur zu glitschen im Stande ist. Für die Bedingung, daſs das Widerlager auf seiner Basis nicht zurück geschoben werden kann, wie dieselbe häufig bey groſsen Gewölben Statt findet, wovon die Dicke des Widerlagers im Verhältniſs zu dessen Höhe sehr groſs ist, gilt die Gleichung $f\,(B + \frac{A}{2})$ *) $= \frac{\frac{1}{2}\,.\,\varphi,\,A\,.\,\cos.\,a}{\sin.\,a}$ oder $\frac{\frac{1}{2}\,A}{B} = \frac{f}{\varphi}\,.\,\frac{\sin.\,a}{\cos.\,a}$. Diese Berechnung gründet sich auf die Voraussetzung, daſs die Anordnung und der Zusammenhang der Fugen in den einzelnen Schichten des Widerlagers von der Art ist, daſs der Seitendruck eine ganze obere Schichte des Widerlagers von seinem untern Theil nicht loszureissen vermag. Damit aber ein Gleichgewicht des ganzen Gewölbes Statt finde, ist nicht nur ein Gleichgewicht zwischen dem Gewölbbogen und den Widerlagern, sondern auch ein Gleichgewicht zwischen den einzelnen Theilen des Gewölbbogens erforderlich, wie auch wirklich Brückengewölbe bey ungestörter Stabilität ihrer Widerlager eingestürzt sind. Prony berechnet dieses letztere Gleichgewicht zwischen den einzelnen Gewölbsteinen, in der Annahme, daſs diese vollkommen polirt, ohne Reibung und Adhärenz in den Fugen sind, wie dieſs zum Theil vor der Ausrüstung Statt findet. Wenn l der Abstand der hintern und vordern Gewölbstirnen oder die Breite des Gewölbes, a der Winkel der Brechfugen mit der Verticale, ε der Winkel irgend einer andern ober- oder unterhalb der Brechfuge $r'i'$ liegenden Fuge $d'c'$ mit der Verticale, A das Profil des zwischen den 2 Brechfugen ri, $r'i'$ eingeschlossenen Gewölbtheils $i\,r\,S\,r'i'$, und m das Profil des zwischen der Brechfuge $i'r'$ und der dem Winkel ε zugehörigen Fuge befindlichen Gewölbtheiles, so ist, im Zustande des Gleichgewichtes der 2 Gewölbtheile $\frac{A}{2}$ und m, der horizontale Druck sowohl des Theiles $S\,d'c'$ als des ganzen Theiles $S\,r'i'$ gegen den Scheitel S eben so groſs als der horizontale Gegendruck des Theiles $S\,d\,c$ im Scheitel; also an dieser Stelle der Druck immer constant; daher $\frac{l\,.\,A}{\text{tang.}\,a} = \frac{(l\,.\,A - 2\,l\,m)}{\text{tang.}\,\varepsilon}$ oder A tang. $\varepsilon = (A - 2\,m)$ tang. a, und für eine 3te Fuge $R'J'$, A tang. $\varepsilon' = (A - 2\,m')$ tang. a; durch Subtraction beyder letztern Gleichungen $A\,.\,\Delta$ tang. $\varepsilon = 2\,.\,\Delta m\,.$ tang. a für das Gleichgewicht zweyer benachbarten Gewölbsteine $R'd'c'J'$ und $d'r'i'c'$, oder $R\,d\,c\,J$ und $d\,r\,i\,c$. Um in diese Gleichungen noch die Bedingung, daſs die innere Krümmung auf die Fugen perpendiculär ist, aufzunehmen, setze man tang. $\varepsilon = \frac{d\,x}{d\,y}$, also $A\,\frac{d\,x}{d\,y} = (A - 2\,m)$ tang. a, worin $d\,x$, $d\,y$ die Differenziale der Abscissen und Ordinaten x, y dieser innern Krümmung sind. Setzt man die Höhe $f\,b$ irgend eines un-

*) Prony setzte fehlerhaft anstatt diesem ersten Glied der Gleichung die unvollständige Gröſse $f\,.\,B$.

endlich schmalen Gewölbelements $dfbcd = z$, die Länge der innern Krümmungs-
linie von ihrem Scheitel bis $b = s$, also $cb = ds$, frs, oder der Winkel der Fuge
fb mit der Verticale $= \varepsilon$, und $frd = d\varepsilon$, der Krümmungshalbmesser von cb oder
$br = r$, ist ferner der Bogen gf mit cb concentrisch, bh mit cd parallel, daher
$hbf = frd = d\varepsilon$, so ist der Flächeninhalt von $dcbf = gcbf$ (indem dfg
als ein Differenzialdreyeck zweyter Ordnung, dessen Höhe und Basis zwey Differen-
zialgröſsen sind, das Differenzialtrapetz $gcbf$, dessen mittlere Basis allein eine Diffe-
renzialgröſse, die Höhe z aber eine endliche Gröſse ist, als Gröſse erster Ordnung
nicht vergröſsert, also auſser Rechnung bleibt) daher $= bhgc + hbf = z \cdot ds +$
$\frac{1}{2} z^2 d'\varepsilon$, weil $hf = z \cdot \sin. d\varepsilon = z \cdot d'\varepsilon$ ist. *) Substituirt man diesen Aus-
druck der Fläche $dfbcd$ anstatt Δm, und d tang. ε anstatt Δ tang. ε in der vori-
gen Gleichung $A \Delta$ tang. $\varepsilon = 2 \Delta m$ tang. a, so findet man durch Integrirung und
Reduction der neuen Gleichung $z = + \sqrt{\left(\frac{A}{\text{tang. } a \cos.^2 \varepsilon} + r^2\right)} - r$, das ist
die Höhe eines jeden Gewölbsteines. Man wird im Verfolg bemerken, daſs Berard
für z diese nämliche Gleichung angiebt, und man wird auch von selbst einsehen,
daſs die von Lambert, Däzel, Prony und Berard gegebenen Formeln im Grunde auf
ganz gleiche Curven führen. Nimmt man in der letztern Gleichung $\varepsilon = 90^\circ$ an, so
wird $z = \infty$, der unterste Gewölbstein müſste also unendlich groſs seyn. Es schiene
demnach, daſs nach dieser Theorie kein Gewölb, dessen Anfangsfugen mit der Verti-
cale einen rechten Winkel macht, ausführbar wäre; allein, zieht man die Reibung
der Gewölbsteine in Rechnung, so werden alle Gewölbsteine an Gröſse oder Höhe ver-
lieren, und der unterste, dessen Fuge mit der Verticale einen rechten Winkel bildet,
wird eine endliche Gröſse bleiben. Man nehme (Fig. 37.) an, daſs das Gewicht des
untern Gewölbtheils $O'I''$, in Bezug auf das des obern Gewölbtheiles $O'I$, kleiner
sey, als die Gesetze des Gleichgewichts, ohne Rücksicht auf den Einfluſs der Reibung,
erfordern; daſs die Kraft, mit welcher der untere Gewölbtheil von dem gröſsern Druck
des obern Gewölbtheiles aufwärts gepreſst wird, von dem Widerstand, welchen die
Reibung der Fugen darbiethen, getilgt werde; ferner die zwey auf die Mitte der Fu-
gen $O'I'$, $O''I''$ errichteten Perpendikeln $3M'$, $2M'$ in einem Punct M' der Linie $P'Z'$,
welche die mittlere Richtung der Schwere und der Reibung des untern Gewölbtheiles
bezeichnet; die beyden auf die Fugen $O'I'$ und OI gezogenen Perpendikeln $M2$,
$M1$ aber in dem Puncte M der mittlern Richtungslinie ZP der Schwere und Reibung
des obern Gewölbtheiles zusammen treffen; daſs ZZ' die Richtung der Schwerkraft
überhaupt; die Winkeln der Fugen OI und $O''I''$ mit ZZ', der Fugen OI und $O'I'$
mit ZP, der Fugen $O'I'$ und $O''I''$ mit $Z'P'$, der Linien ZP und $Z'P'$ mit ZZ'

*) Der von Däzel durch Integration gefundene Ausdruck $(Z^2 - R^2)\, d\pi$ für dm ist gleichfalls $=$ $z\,ds + \frac{1}{2} z^2 d'\varepsilon$, da $Z = R + z$, $d\pi = \frac{ds}{2R}$ und $\frac{ds}{R} = d'\varepsilon$.

der Reihe nach gleich γ, γ', ϵ, ϵ', ϵ'', ϵ''', δ, δ' seyen, und die Massen des obern und untern Gewölbtheiles gleich m, m'. Nun verzeichne man die 2 Kräftenparallelograms innerhalb der beyden Gewölbkörper: so ist $\frac{m \cdot \cos. \epsilon}{\sin. (\epsilon' + \epsilon)}$ der Seitendruck $M\,2$, und $\frac{m' \cdot \cos. \epsilon'''}{\sin. (\epsilon''' - \epsilon'')}$ der Seitendruck $M'2$, im Zustande des Gleichgewichts aber beyde Ausdrücke gleich, woraus $\frac{m}{m'} = \frac{\sin. (\epsilon' + \epsilon) \cos. \epsilon'''}{\sin. (\epsilon''' - \epsilon'') \cos. \epsilon}$ hervorgeht, welche sich, wenn das obere Gewölbtheil eine horizontale Lage und gleichgeneigte symetrische Fugen, also zur mittlern Richtung $z\,p$ seiner Schwere und Reibung an den 2 Fugen die lothrechte Linie $z\,z'$ hat, daher $\delta = o$, $\gamma = \epsilon = \epsilon'$, und, wenn zugleich die unterste Fuge des untern Gewölbtheiles horizontal, $\gamma' = 90°$, auf die Gleichung $\frac{m}{m'} = 2$ tang. γ sin. δ' reducirt. Bedeutet nun m das Gewölbtheil $R\,J\,J'\,R'$ (Fig. 36.), so wird der unter $R\,J$ oder $R'\,J'$ liegende Gewölbtheil, dessen unterste Fuge horizontal gedacht wird, eine endliche Gröfse $= \frac{m}{2 \text{ tang. } \gamma \sin. \delta'}$, welche bey constantem m, der Sache gemäfs, mit den Winkeln γ und δ' ab- und zunimmt, und nicht $= \infty$ wie die Abstraction von der Reibung angab. Prony giebt eine andere Gleichung für $\frac{m}{m'}$, und setzt darin $m' = o$, $\gamma - \gamma' = o$, $\delta = \delta'$, und findet $m = \frac{o}{o} \cdot \sin. 2\,\gamma$, welcher Ausdruck, nach seinem Bemerken, einen endlichen, bestimmbaren Werth und den Beweis enthält, dafs der untere Gewölbtheil, dessen untere Fuge horizontal, eine endliche Gröfse ist. Allein es scheinen mir Druck- und Rechnungsfehler in die Pronyschen Berechnungen sich eingeschlichen zu haben, welches ich, ohne weitschichtig zu werden, nicht näher erörtern kann.

Obwohl Reibung und Adhäsion der Steine auf Gewölbe bedeutende Einwirkung haben, so bringt Prony in seiner Theorie diese Wirkungen doch defswegen nicht in Anschlag, weil sie nur die Solidität der Gewölbe vermehren, einen Theil des Effects der natürlichen Schwere, welche die Gewölbsteine gegeneinander zu pressen strebt, zerstören, übrigens aber ihre, immer unsichern Bestimmungen, den Calcul zu sehr verwickelt machen würden.

Das Gleichgewicht der Brückengewölbe (Fig. 38.), in sofern dasselbe allein von dem Verhältnifs der Schwere ihrer einzelnen Theile abhängt, berechnet Prony, indem er $M\,g\,f\,m$ als einen Theil des Gewölbes, dessen zwey Fugen $M\,g$, $m\,f$ gleich weit vom Schlufs entfernt sind, betrachtet. Ist die Höhe $A\,c$ des Schlufses $= h$, $A\,P = x$, $P\,M = y$, und haben a, ε, m, A die vorher gehenden Bedeutungen, so ist der Inhalt jedes dergleichen Dreyecke $m\,k\,f$ und $M\,h\,g = (h + x)$. tang. $\varepsilon\,(h + x) = (h + x)^2 \frac{dx}{dy}$,

die Fläche $MhkM$ nach der allgemeinen Aproximationsmethode *) des 223. §. in der Pronyschen Architecture hydraulique $= (hm + 4Ae + km)\frac{1}{3}he = \frac{2}{3}(3h + x)y$, also $Mgfm = A - 2m = \frac{dx}{dy}(h + x)^2 + \frac{2}{3}(3h + x)y$, ein Werth, welcher in der schon angeführten Gleichung $\frac{Adx}{dy} = (A - 2m)$ tang. a substituirt, in Folge einer Reduction die Gleichung $ydy = \frac{2}{3}\left(\frac{A}{\text{tang. } a} - 4h^2\right)\frac{dx}{3h + x} - \frac{4}{3}xdx + \frac{2}{3}h \cdot dx$ giebt, deren Integral $y^2 = \left(\frac{3A}{\text{tang. } a} - 12h^2\right)\log. \frac{(3h + x)}{3h} - \frac{3}{2}x^2 + 3hx \ldots (W)$ ist. Aus der Höhe h des Schlusses, aus der Weite $2e$ und Höhe f des Gewölbes ist der Werth von $\frac{A}{\text{tang. } a}$, mittels der vorstehenden Gleichung vollkommen bestimmt, wenn man darin $x = f$ und $y = e$ setzt.

Prony untersucht endlich noch einen für sehr weite Gewölbe besonders interessanten Umstand, nämlich den Druck, den der Schlufsstein oder die Schlufsfuge von den beyden zwischen den Brechfugen eingeschlossenen gleichen Gewölbtheilen auszuhalten hat, im Verhältnifs zu der Zermalmbarkeit des Steines, woraus der Schlufs oder das Ganze des Gewölbes besteht. Ist A das zwischen den beyden Brechfugen, deren Winkel mit der Verticale $= a$ ist, befindliche Gewölbprofil, so ist $\frac{\frac{1}{2}A}{\text{tang. } a}$ = dem horizontalen Druck St (Fig. 38.), den die eine Hälfte des profilirten Gewölbkörpers gegen die verticale Fuge des Schlufses mit Hintansetzung der Reibung und Adhäsion ausübt; P sey der Druck, den ein Stein aushalten kann, oder die Höhe eines Prisma von einem Quadratfufs Basis und derselben Materie, welches ein Quadratfufs eines Steines, ohne zu zerquetschen, tragen kann, und h die Höhe des Schlufssteines oder seines Fugenschnitts: so ist, wenn der Widerstand des Schlufses mit dem zu erleidenden Druck im Gleichgewichte seyn soll, erforderlich, dafs $P \cdot h = \frac{A}{2 \text{ tang. } a}$, also $h = \frac{A}{2P \cdot \text{tang. } a}$, den Fufs zur Einheit des Maafses angenommen. Nimmt man gM, fm als die Brechfugen an, so dafs $AP = x'$, $PM = y'$, $Mgfm = A$, der Winkel der Brechfugen mit der Verticale $= a$, also $\frac{dx'}{dy'} =$ tang. a; so ist $P \cdot h = \frac{A}{2 \text{ tang. } a} = \frac{1}{2}[(h + x')^2 + \frac{2}{3}(3h + x')y']$, und $h = P - x' \pm \sqrt{[(x' + y' - P)^2 - x'x' - \frac{2}{3}x'y']}$. Sind nun die Stellen der Brechfugen und die Festigkeit des

*) Man vergleiche mit dieser Methode die strengen von Lambert, Däzel und Berard angewandten, welche sehr complicirte Integrationen, und zuletzt dennoch die Nothwendigkeit der Annäherung, mittels Glieder, einer unendlichen Reihe herbey führen.

steines, woraus der Gewölbbogen gemacht werden soll, gegeben; und setzt man in der vorher mit W bezeichneten Gleichung, worin $\frac{A}{\text{tang. } a}$ durch die Schlufshöhe h, die Weite $2e$ und Höhe f des Gewölbes bestimmt ist, y' statt y, und x' statt x: so ist der kleinste Fugenschnitt h im Schlufs durch den für h angegebenen Werth gefunden; oder wenn aufser den Brechfugen, der Festigkeit des Steins und der Bogenhöhe f oder ihrem Verhältnifs zur Bogenweite auch h gegeben ist, so läfst sich die möglich gröfste Weite des Bogens finden. Nach der Versicherung Prony's gaben Anwendungen dieser Berechnungen auf wirkliche Beyspiele weit kühnere Dimensionen, als die in Praxis angenommenen. Er setzt bey diesen Berechnungen die Stelle der 2 Brechfugen als bekannt voraus; allein da für diese, durch Erfahrung, keine sichre Regel angegeben werden kann, so gilt hier der Rath, diejenigen Stellen, denen der möglich gröfste Seitendruck entspricht, in der Gleichung für h zu den Bruchstellen anzunehmen. Ich mufs jedoch hierbey bemerken, dafs die Supposition Prony's, der gemäfs der Schlufs im Verhältnifs seiner Höhe unter allen Gewölbstellen die gröfste Pressung auszuhalten hätte, noch eines allgemeinen Beweises und der Widerlegung des Zweifels bedürfe, ob nicht in gewissen Fällen, namentlich wenn der Brückenbogen eine gleiche oder auch nach unten zunehmende Dicke hat, die Pressung, welche eine untere Fuge $gM = H$ vom schiefen auf sie perpendiculären Druck ST zu leiden hat, im Verhältnifs zu H gröfser, als die horizontale Pressung St des Schlufses $Ae = h$ im Verhältnifs zu h oder $\frac{A}{2 \text{ tang. } a} : h < \frac{A}{2 \text{ sin. } a} : H$, oder $\frac{H}{h} < \frac{1}{\text{cos. } a}$ seyn könne. Dahin, wo die am meisten gefährdete Gewölbgegend ist, hat ohne Zweifel der Ingenieur die Steine besserer Qualität zu bestimmen.

Apfaltern lieferte im Jahr 1782 eine Abhandlung von dem Druck der Gewölbe auf ihre Seitenmauern. Sein Calcul erstreckt sich auf die kreisförmigen, elliptischen und kettenlinigen Tonnengewölbe, die ersten 2 Arten in den 3 verschiedenen Fällen betrachtet, dafs sie entweder von gleicher Dicke sind, oder über ihren aus gleich hohen Steinen bestehenden Bögen noch eine Mauer tragen, die einen sogenannten Eselsrücken oder eine Horizontalfläche bildet. Das Wesentliche der Abfaltern'schen Grundsätze besteht überhaupt darin: nach dem von Apfaltern bewiesenen Lehrsatze, dafs unter 3 concentrischen Zirkeln, deren Flächen in ununterbrochener arithmetischer Proportion stehen, der mittlere den von den beyden andern gebildeten Zirkelring in ganz gleiche Ringe theilt, zerfällt das Profil eines gleich dicken Zirkelgewölbes, dessen innerer Bogen zum Radius a und der äussere zum Radius $a + c$ hat, durch einen concentrischen Zwischenbogen, dessen Radius $= \sqrt{\left(a^2 + ac + \frac{c^2}{2}\right)} =$

beynahe $a + \frac{c}{2} + \frac{c^2}{8a}$ nicht aber $= a + \frac{c}{2}$ ist, wie so gewöhnlich angenommen wird, in 2 vollkommen gleiche Ringe; der Druck, den die eine Hälfte eines Gewölbes z. B. eines Zirkelgewölbes (Fig. 32.) auf sein nächstes Widerlager ausübt, wird dadurch bestimmt, dafs die Schwere eines jeden Gewölbtheiles $EDde$ in seinem Schwerpunct, welcher in der, den Theil $EDde$ halbirenden Linie $\varepsilon\delta$ liegt, in zwey andere gegeneinander winkelrechte Kräfte zertheilt wird, deren eine die Richtung des Halbmessers hat, und den Theil zum Mittelpuncte c herabdrückt, die andere der Tangente ed oder ED parallel ist und nach der Richtung εF auf das Widerlager LN drückt, und dieser letztere Druck wieder in 2 andere Elemente zerfällt wird, deren eines $= v$ wagrecht auf MN und das andere $= v'$ senkrecht auf die Horizontallinie MN wirkt. Beyde Kräfte v, v' werden mit ihren zugehörigen Hebelsarmen MA', $MN + AI$ multiplicirt, und diese 2 Momente sodann integrirt. Von diesen beyden Totalmomenten zielt das erste auf das Umstofsen des Widerlagers ab, während dieses durch seine eigne Schwere und das zweyte Totalmoment an die Grundfeste angedrückt wird. Wenn über dem Gewölbe eine Mauer von gegebener Höhe aufgeführt ist, so wird die in P concentrirte Schwere eines jeden Mauertheiles $Ssde$ in 2 Seitenkräfte aufgelöfst, die eine nach der Richtung des Radius dc und die andere nach PH parallel mit der Tangente ed. Diese zweyte Kraft wird dann wieder in eine horizontale $P\varrho$ und lothrechte Pe zerfällt, und eine jede dieser 2 Kräfte, auf eine ähnliche Weise wie vorher, mit den ihnen zugehörigen Hebelsarmen $M\varrho$, $MN + Ak$ multiplicirt, und die durch Integration resultirenden 2 Totalmomente mit den 2 vorher gefundenen Totalmomenten nach ihrer Gleichartigkeit in eine Summe gebracht. Aus diesem Angeführten läfst sich das Verfahren von Apfaltern bey elliptischen Gewölben genugsam abnehmen, daher ich dasselbe und deren äufserst monströse Formeln um so mehr nicht näher berühre, da alle Formeln der ganzen Apfalterschen Abhandlung fehlerhaft sind, wie ich sogleich beweisen werde. Apfaltern läfst bey Zerlegung der Schwere sowohl der Bogen- als der aufliegenden Mauer-Theile die eine Kraft in der Richtung des Radius durchgehends aufser Berechnung. Diese Freyheit sucht er zwar zu entschuldigen, indem er sagt: „Vielleicht denkt Jemand, der den Bestandtheil des Gewölbes als einen Keil betrachtet, dafs eben die Kraft, die ihn zum Mittelpuncte herabdrückt, ihn auch zu gleicher Zeit nach Art eines Keils auf die Seitenmauer wirken macht, allein da die Kraft, die auf den Keil nach der Richtung seiner Höhe wirkt, zur Kraft, mit der er auf eine Seite senkrecht drückt, wie die Seite des Keils zur Hälfte seiner Grundlinie verhält, und hier die Grundlinie des Keils unendlich kleiner als seine Seite, folglich auch seine Wirkung auf die Seitenmauer unendlich kleiner als die Kraft, mit der er zum Mittelpuncte herabgedrückt wird, ist; so kann diese radiale Kraft in Bezug auf die Seitenmauern gänzlich aufser Acht bleiben." Diese angebliche Vertheidigung stützt sich auf eine Selbsttäuschung von Apfaltern. Die ganze Kraft, die auf einen Keil nach der Richtung seiner Höhe

wirkt, verhält sich, wie allgemein bekannt, zur Kraft, mit der er auf eine Seite senkrecht drückt, wie die ganze Breite des Keils zu einer seiner Seiten; oder die halbe Kraft, die auf den Keil nach seiner Höhe wirkt, verhält sich zur Kraft, mit der er auf eine Seite senkrecht drückt, wie die halbe Breite des Keils zu seiner Seite. Da nun die vom Apfaltern angeführte Proportion des Keils unrichtig, so erhellet, dafs die radiale Kraft nicht aufser Rechnung bleiben darf, und daher die auf eine falsche Supposition gebaueten Formeln fehlerhaft sind. Auch die auf kettenlinige Gewölbe am Ende der Apfaltern'schen Abhandlung angewandten Berechnungen der Widerlager sind fehlerhaft, indem ein Fehler anderer Art dabey sich einschlich. Es wurde nämlich der Druck des Gewölbes nach der Richtung der Schwere $= p$ tang. w für den auf die Endfuge des Gewölbes perpendiculären Seitendruck angenommen, da doch dieser $= \frac{p}{\cos. w}$ ist (Siehe S. 639.); und der vom Apfaltern gefundene horizontale Druck ist $= p$ sin. w, da dieser doch unveränderlich $= p$ ist, wie schon der Natur und Theorie der Kettengewölbe zum Grunde liegt. Unrichtig ist daher seine auf falsche Berechnung gegründete Behauptung, dafs die Widerlager der Kettengewölbe weit stärker seyn müssen, als die der elliptischen Gewölbe, die mit jenen sonst gleiche Dimensionen haben. Die von Rondelet mit Modellen beyder Gewölbarten angestellten und in seiner „art de bâtir" beschriebenen Versuche beweisen gerade das Gegentheil der Apfaltern'schen Behauptung. Eben so wenig richtig ist Bossut's Resultat, dafs Kettengewölbe mehr Seitendruck als Halbzirkelgewölbe äussern, wie dies mit Recht auch Berard rügt.

Rondelet baute seine im Jahre 1808 im III. Tom. seiner Art de bâtir bekannt gemachte Gewölbtheorie auf Experimente, die er mit Gewölbmodellen anstellte. Er umfafste alle Arten von Gewölben, und suchte für seine vielseitig begründete Theorie eine allgemeine Ueberzeugung zu bewirken. Er betrachtet Anfangs ein Gewölb aus gleich grofsen Gewölbsteinen ohne Bindungsmittel zusammengesetzt, und deren Fugenflächen wohl polirt. Fig. 39. stellt das halbe Profil eines gleich dicken, aus 9 Theilen bestehenden Halbzirkelgewölbes dar. Von dieser Art ist das erste seiner Modelle, die er aus festem Kalchstein zu Versuchen fertigen liefs. Nach Erfahrungen, die er mit Kalkstein - Parallelepipeden von gleicher Qualität und ungefähr 2 Pfund Schwere anstellte, fängt ein solcher mit seiner wohl polirten Seite auf die schiefe und eben so polirte Fläche eines zweyten Kalksteines gelegter Stein in der Regel erst dann zu rutschen an, wenn diese Fläche des untern Steins mit dem Horizont etwas mehr als einen Winkel von 30 Graden macht, so dafs die Reibung beynahe die Hälfte des von der Schwere des obern Steines auf die stützende Fläche perpendiculär bewirkten Druckes ausmacht, und eine um 30 Grad geneigte Ebene, auf welcher nämlich ein solcher Stein gerade noch sich in Ruhe erhält, in Hinsicht auf diese Ruhe als eine horizontale Ebene betrachtet werden kann. Da nun die untern Seiten der 2 Gewölb-

steine *I* und *M* auf Flächen liegen, deren Neigung unter 30 Grad ist, so erhalten sich diese 2 Steine von selbst in vollkommener Ruhe, der dritte Stein *N* aber, dessen untere Seite oder Fuge bey einem Winkel von 40 Graden zu liegen kommt, wird nach der Gröſse des Ueberschusses dieses Winkels über 30° eine Action zu rutschen ausüben. Diese auf 40°geneigte Fuge kann daher in Bezug auf diese Action als eine zu 10° geneigte Ebene, und so erst auf dieser Schiefe der Stein *N* in der Hypothes eines vollkommen polirten Gewölbsteines ohne alle Reibung angesehen werden. Drückt man das Gewicht eines jeden dieser 9 gleich groſsen Gewölbsteine durch seine Stirnfläche $= F$ aus, und nennt *P* die horizontale Kraft, welche den Stein *N* auf seiner Schiefe zu erhalten vermag, so ist zu Folge der statischen Regel, daſs $P : F =$ sin. 10 : cos. 10, $P = F$ tang. 10. Der vierte auf eine zu 60° geneigte Fuge gelegte Stein *O* kann nach der Analogie der vorigen Ansichten als ein vollkommen polirter Stein ohne Reibung auf einer Schiefe von 30 Graden betrachtet werden, so daſs, nach der Proportion $\varrho : F =$ sin. 30 : cos. 30, $\varrho = F$ tang. 30 die Horizontalkraft bedeutet, die den Stein *O* auf seiner Schiefe erhält. Der halbe Schluſsstein *S*, dessen Fuge eine Schiefe von 80° hat, wird, aus ähnlichen Gründen, zu Folge der Proportion $R : \frac{F}{2} =$ sin. 50 : cos. 50, durch eine Horizontalkraft $R = \frac{F}{2}$. tang. 50 in Ruhe erhalten. Multiplicirt man eine jede dieser Horizontalkräfte *P*, ϱ, *R* mit der ihr zugehörigen aus dem Schwerpuncte *N*, *O*, *S* der Gewölbsteine herabgelassenen Verticale *Nn*, *Oo*, *Ss*, so giebt die Summe dieser Producte die Momente, welche das eine Widerlager des Gewölbes um den Stützpunct T zu drehen suchen; und setzt man diese Momente gleich dem Widerstand, den 1) die eigene Schwere des Widerlagers, die durch die Fläche *ABT* ausgedrückt wird, mit dem ihrem Schwerpunct zukommenden Hebelsarme *Tu*, 2) die Schwere des halben Gewölbes mit dem, dessen Schwerpunct zugehörigen Hebelsarme *Tk* ausüben: so läſst sich aus dieser Gleichung durch die Analysis die Dicke des Widerlagers finden, die das Gleichgewicht des Gewölbes hervorbringt. Setzt man überhaupt $p =$ der Summe der Momente, die das Widerlager umzustürzen drohen, $a =$ der Höhe des Widerlagers, $x =$ der zu findenden Dicke desselben, $b =$ dem Gewicht des halben Gewölbes, $c = BY$ der Entfernung des in der Richtung *J′Y* liegenden Schwerpunctes des halben Gewölbes, so ist $p = \frac{a.xx}{2} + bx + bc$, also $x = \sqrt{\frac{2p - 2bc}{a} + \frac{bb}{aa}} - \frac{b}{a}$. Die geringste Dicke des 195 Linien hohen Widerlagers eines gleich dicken halbzirkelförmigen Gewölbmodells, dessen mittlerer Diameter 108 Linien, Dicke 21 L., Breite 17 L., Anzahl dergleichen Gewölbsteine 9 war, wurde von der Erfahrung zu 31 Linien, von der Formel aber zu $28\frac{3}{4}$ L. angegeben. Rondolet zeigt zur Bestätigung seiner bey Bestimmung der Reibung gebrauchten Hypothese, an demselben angeführten Modelle, wie geuau dieselbe mit der von Bossut in seinem Traité de Méchanique angenom-

menen Methode, in den Resultaten übereinkomme. Bossut zieht (Fig. 40.) aus dem Schwerpunct des auf die schiefe Fläche oder Fuge HG gelegten Gewölbsteines N die Verticale Nn, und bezeichnet dadurch die Richtung und Gröfse der Schwere P vom Stein N an. Die Schwere Nn zerlegt er in Ne, parallel mit HG, und in Na, perpendikulär darauf. Die Kraft Q, ausgedrückt durch NQ, welche nach horizontaler Richtung den Stein N auf der schiefen Fläche zurückhält, löst er gleichfalls auf und zwar nach Nf, parallel mit HG, und nach Nd, perpendiculär darauf. Da nun $Ne = \frac{P.IH}{HG}$, und $Na = \frac{P.IG}{HG}$; $Nf = \frac{Q.IG}{HG}$ und $Nd = \frac{Q.IH}{HG}$, so ist, im Zustande des Gleichgewichts zwischen P und Q, $Na + Nd = \frac{P.IG}{HG} + \frac{Q.IH}{HG}$, und da ein Gewölbstein erst anfängt zu glitschen, wenn die Schiefe der Fuge etwas über 30 Grad beträgt, so verhält sich die Reibung zum lothrechten Druck, wie sinns 30 zu cos. 30, oder beynahe wie 500 : 866. Setzt man $\frac{500}{866} = \frac{15}{26} = n$, so ist die Reibung $= \left(\frac{P.IG}{HG} + \frac{Q.IH}{HG}\right).\ n$; da aber $Nf = Ne$ — der Reibung, so ist $\frac{Q.IG}{HG} = \frac{P.IH}{HG} - \left(\frac{P.IG}{HG} - \frac{Q.IH}{HG}\right) n$ und $Q = \frac{P.IH - n.IG}{IG + n.IH}$. Nach dieser Formel erhalten die Horizontalkräfte für die Gewölbsteine des angeführten Modells fast dieselben Werthe, als nach der vorher angegebenen Methode, und x darnach berechnet, wird beynahe gleichfalls $= 28\frac{3}{4}$ Linie.

Rondelet sah die Schwierigkeiten ein, welche die Anwendung dieser doppelseitig begründeten Theorie, auf wirklich zu erbauende Gewölbe haben würde, indem man im Voraus die Anzahl der Gewölbsteine wissen, und für jeden dieser Steine die ihm zukommende Horizontalkraft berechnen müfste. Er schreitet daher zu einer andern bequemern Manier: den Druck der Gewölbe zu bestimmen. Es sey $AHCDNB$ (F. 41. T. 134.) ein halbes Zirkelgewölbe, aus unendlich vielen Steinen, welche ohne Reibung durch wechselseitigen Druck im Gleichgewicht sich erhalten, so erhellet 1) dafs der erste Stein, dessen Fugen parallel und horizontal sind, mit seiner ganzen Schwere nach der verticalen Richtung IT zu Gunsten der Stabilität des Widerlagers drückt; 2) dafs der verticale Schlufs-Stein, dessen Fugen gleichfalls parallel sind, mit seiner ganzen Schwere, nach horizontalen Richtungen auf die 2 Hälften des Gewölbes und dessen Widerlager wirkt, und diese umzustürzen droht; 3) dafs alle die andern zwischen diesen beyden Extremen befindlichen Steine mit schiefen Richtungen Gn, nm, ml, lk, kh, hg, gf, fT, welche aus den vorigen Richtungen, der verticalen und horizontalen gemischt sind, wirken, so dafs der schiefe Druck kh als das Resultat des verticalen Druckes $4h$ und des horizontalen $k4$ betrachtet werden kann; 4) dafs der verticale Druck der Steine von T nach g, wo er für den Schlufs-Stein Null ist, abnimmt, während der horizontale Druck im umgekehrten Verhältnifs wächst,

so daſs der verticale Druck des mittlern Gewölbsteins gleich seinem horizontalen ist; 5) daſs die durch den Schwerpunct aller Steine des gleich dicken Zirkelgewölbes gezogene Circumferenz die Summe aller gemischten Pressungen, wodurch die ohne Reibung wirkenden Gewölbsteine wechselseitig im Gleichgewicht sich erhalten, darstellen kann; 6) daſs, wenn man von den Puncten *T* und *g* einerseits die Verticale *TF*, und anderseits die Horizontale *gF* bis zu ihrem Zusammenstoſsen zieht, die Linie *TF* die Summe der verticalen Pressungen, welche die Stabilität des Widerlagers vermehren, und *Fg* die Summe der horizontalen, welche das Widerlager gefährden, ausdrücken kann; 7) daſs, wenn man durch den Punct *k* die Horizontale *IKL* zieht, der Theil *Ik* die Summe der horizontalen Bestrebungen des untern Gewölbstückes *AHNB*, und *kL* die der horizontalen des obern Stückes *HCbN* angiebt; 8) daſs die untern Gewölbsteine zwischen *T* und *k* mittelst ihres verticalen Druckes das Gewölbstück *AHNB* um den Punct *B* einwärts zu drehen suchen, während die obern zwischen *k* und *g* mittelst ihres horizontalen Druckes das nämliche Gewölbstück *AHNB* um *A* auswärts zu bewegen trachten; 9) daſs der horizontale Druck *kL* des obern Stückes von *L* nach *k*, und der horizontale, *Ik* des untern von *I* nach *k*, als vollkommen entgegengesetzt sich aufheben würden, wenn sie einander gleich wären, und das Gewölb gar keinen Seitendruck äussern könnte; allein da sie immer ungleich sind, so wird das Gewölb mit der Differenz derselben und nach der Richtung des überwiegenden Theils seitwärts drücken; 10) daſs, je kleiner die Weite *BO* bey constanter Höhe *DO* wird, desto kleiner der horizontale Druck und umgekehrt, so daſs das Zirkelgewölbe rücksichtlich des horizontalen und verticalen Druckes zwischen Gewölben, die keinen horizontalen Druck haben, und denen, deren horizontaler Druck, wie bey den Plattgewölben, unendlich wäre, wenn ihre Gewölbsteine frey übereinander glitschen könnten und ihre Fugen auf die innere Fläche, wie bey andern Gewölben, perpendiculär wären, die Mitte hält.

Die von Rondolet für alle Arten der Tonnengewölbe gleicher Dicke nach diesen Voraussetzungen angegebene Formel ist so construirt. Man ziehe allgemein, es mag Fig. 41. ein zirkelförmiges, elliptisches oder ein anderes gleich dickes Tonnengewölb seyn, die mittlere Circumferenz *GkT*, an den Puncten *G* und *T* dieser Curve die Tangenten *GF*, *TF*, und von dem Durchschnittspunct *F* auf diese Circumferenz die Perpendiculare *FO*: so wird der durchschnittene Punkt *k* der Circumferenz die Stelle angeben, wo der wirksamste Seitenschub und die gewisseste Spaltung sich zeigt, wenn die Dicke der Widerlager dem Seitenschub nicht gewachsen ist. Durch diesen Punct *k* sey ferner zwischen den Parallelen *TF*, *GO* die Horizontale *IkL* gezogen, und drücke die Summe der horizontalen Pressungen aus, so wie die Verticale *TF* die der verticalen Pressungen, und die mittlere Circumferenz *GkT* die der gemischten. Der Theil *Ik* der horizontalen Linie *IL*, multiplicirt mit der gleichförmigen Dicke *CD* des Gewölbes ist der Ausdruck der horizontalen Bestrebungen von dem un-

tern Theil des Gewölbes, so wie $k\,L$, multiplicirt mit der Dicke des Gewölbes die Darstellung der horizontalen Bestrebungen von dem obern Gewölbtheil. Diese einander entgegengesetzten Kräfte heben sich zum Theil auf. Wird $I\,k$ von $k\,L$ abgezogen, so bedeutet diese Differenz, multiplicirt mit der Dicke des Gewölbes, den effektiven Seitendruck $= p$. Sein Moment, in Bezug auf das Hypomochlion, welches an der untersten hintern Kante des Widerlagers angenommen wird, ist $p.\,I\,E = p.\,(a + d)$ worin $I\,T = d$ und $T\,E = a$ gesetzt ist. Das Widerlager widersteht diesem Moment 1) mit seiner eigenen Schwere, miltiplicirt mit ihrem Hebelsarm $= \frac{a.x.x,}{2}$ wo x die Dicke des Widerlagers bezeichnet; 2) mit der Summe m der verticalen Bestrebungen des obern Gewölbtheiles, multiplicirt mit dem ihnen entsprechenden Hebelsarm, $= m.\,(x + c)$, indem c die Entfernung $4\,k$ bezeichnet; 3) mit der Summe n der verticalen Bestrebungen des untern Gewölbtheiles, multiplicirt mit ihrem entsprechenden Hebelsarme, $= n.\,(x - e)$, worin e die halbe Gewölbdicke bedeutet. Im Zustande des Gleichgewichts ist das Moment des Seitendrucks gleich dem Moment des Widerstandes; daher $x = \sqrt{\left(2\,p + \frac{2\,p.\,d + 2\,n\,e - 2\,m\,c}{a} + \frac{b\,b}{a\,a}\right)} - \frac{b}{a}$, wobey $m + n = b$ gesetzt ist. Nach dieser Formel findet sich gleichfalls fast derselbe Werth von x für das erwähnte Gewölbmodell, als nach den vorhergehenden Formeln. Rondelet bemühte sich die Richtigkeit dieser Methode, welche mit der ersten für ein und dasselbe Modell fast ganz übereinstimmende Resultate lieferte, durch eine andere zu bestätigen. Er nennt diese die Methode des Schwerpunctes. Wenn nämlich in den Gewölbmodellen, die aus einer geraden Anzahl von Steinen bestehen, der Seitenschub die Widerlager überwältigt: so öffnet sich die Fuge des Schlusses nach innen, und die Fugen in den Lenden nach aufsen, wie Fig. 42. zeigt. Nun kann, wie Rondolet lehrt, ein Gleichgewicht zwischen den obern und untern Theilen des Gewölbes nur dann Statt finden, wenn die in c nach n horizontal wirkende Kraft H, an dem Hebelsarm $N\,n$ mit der im Schwerpunct g an dem Hebelsarm $N\,g$ wirkenden Schwere s des Gewölbstückes $N\,C$ in Bezug auf den Stützpunct im Gleichgewicht, an dem verticalen Hebelsarm $P'\,P = C\,O + B\,R$ auch mit den an den entsprechenden Hebelsarmen widerstehenden Kräften in Bezug auf den Stützpunct P am Widerlager ein Gleichgewicht hat. Diese widerstrebenden Kräfte sind 1) die Schwere des Widerlagers, deren Hebelsarm gleich ihrer halben Dicke $P\,R$; 2) die Schwere des ganzen halben Gewölbes, deren Hebelsarm die horizontale Entfernung der aus dem Schwerpunct dieses halben Gewölbes $B\,C$ gezogenen Verticale vom Stützpunct P ist. Da die horizontale Kraft $H = \frac{s.\,N\,g,}{N\,n}$ und im Zustande des Gleichgewichts des Gewölbes das Moment der agirenden Kräfte gleich dem Moment der

reagirenden ist: so ergiebt sich aus dieser Gleichung $x = \sqrt{\left(\frac{2p - 2bc}{a} + \frac{bb}{aa}\right)} - \frac{b}{a}$, worin p das Moment der Horizontal-Kraft H an dem verticalen Hebelsarm $P'P$, b die Schwere des halben Gewölbes BC, c die horizontale Entfernung BV seines Schwerpuncts vom Puncte B oder R, a die Höhe BR des Widerlagers bedeutet. Diese Formel erzeugt für die Widerlagdicke des schon mehrmal angeführten Gewölbmodells fast das nämliche Resultat, welches aus den vorhergehenden Formeln hervorging.

Bey Gewölben, welche oben horizontal auslaufen, wie Fig. 44. zur Hälfte zeigt, bestimmt Rondolet nach den Principien der vorletzten Methode mit der Modefication die Stelle k des Seitendrucks, daſs er von B eine Verticale bis zur Horizontallinie EC und von dem Durchschnittspunct F dieser Verticale mit der Begrenzungslinie des Gewölbes auf dessen innere Circumferenz die Perpendiculare oder Normale Fko zieht, und den Durchschnittspunkt k zur Stelle des Seitendrucks annimmt. Durch diesen Punct k führt er alsdann die Horizontale IL und die Verticale HM. Den horizontalen Seitendruck des obern Gewölbstückes drückt er durch kL, multiplicirt mit der Fläche $HCDk$ und diese dividirt durch den innern Bogen kD, und auf eine ähnliche Art den horizontalen Gegendruck des untern Gewölbstückes durch $Ik. \frac{FHkB}{kB}$ aus. Da hier die Widerlager bis zur Linie CE reichen, also höher als der Hebelsarm des Seitendrucks in x, so setze man in der vorletzten Formel $a - d$ statt $a + d$, indem hier (F. 44.) FI und nicht IB oder JT wie in Fig. 41., durch d und EP durch a ausgedrückt wird, ferner $e = o$, weil T (Fig. 41.) mit B in Fig. 44. zusammenfällt; endlich, ohne sehr gegen die Genauigkeit zu fehlen, $2mc = o$, weil in dieser Figur FHk zum untern Stück gerechnet wurde, und man erhält für die Widerlagdicke des Gewölbes (Fig. 44.) $x = \sqrt{\left(2p - \frac{2pd}{a} + \frac{bb}{aa}\right)} - \frac{b}{a}$. worin $b = m + n = BFCDkB$, und p das Moment des horizontalen Seitendruckes ist.

Berechnet man nach dieser Methode die Widerlagdicke für Gewölbe ungleicher Dicke: so stimmen die Resultate, wie Rondelet versichert, mit den Versuchen nicht so gut überein, als wenn man die Methode des Schwerpuncts auf solche Gewölbe anwendet.

In welchem Grade die von Rondelet angeführten Methoden in ihren Resultaten und diese mit dem von ihm beschriebenen Modellversuchen auch harmoniren mögen: so ist doch gewiſs, daſs jede dieser Methoden dem strengen Theoretiker mehrere gegründete Zweifel darbietet; in mehrern Puncten den natürlichen Ansichten und umumstöſslichen Principien der Statik widerstreitet, und die daraus hervorgehenden Fehler durch glückliche, wechselseitige Compensation in den Resultaten gröſstentheils sich

unbemerkbar machen. Was die erste auf die Rondelet'schen und Bossut'schen Reibungsprincipien gegründete Methode betrift: so setzt diese voraus, 1) dafs jeder untere Gewölbstein z. B. *N* (Fig. 39.) mit denen unter ihm ohne Bindungsmittel übereinander gelagerten *M*, *I* in Bezug auf seinen nächst obern *O* als eine unbewegliche, aus einem Stück bestehende schiefe Ebene betrachtet werden kann; wogegen aber die Einwendung entsteht, dafs die horizontale Kraft ϱ, womit der Stein *O* auf seinem als unbeweglich gedachten Nachbar *N* in Ruhe erhalten werden kann, in Verbindung mit dem lothrechten Druck *O o* einen auf die obere Fläche des untern Steines *N* perpendiculären Druck hervorbringe; ferner der Theil der Abgleitungskraft des Steines *O*, welcher die Unebenheiten des untern Steines widerstehen, den beweglichen Stein *N* mittels dieser Unebenheiten nach der Richtung seiner Normale zu bewegen strebt; dieser normale Druck daher mit dem vorigen perpendiculären des Steines *O* das Gleichgewicht des untern oder der untern Steine, aufheben könne. 2) Ist die Frage, ob das Verhalten der Gewölbsteine und der Widerlager ganz dasselbe ist, wenn die einzelnen Steine durch horizontale Kräfte, die nicht aus der Wirkung des geschlossenen Gewölbes entspringen, in ihren Schwerpuncten *N*, *O*, *S* zurückgehalten werden, oder wenn statt diesen Horizontalkräften nur eine im Schlufs des Gewölbes ursprüngliche Horizontalkraft und diese dann in die Gewölbsteine übergehend angenommen wird. Die *zweyte* Methode beruht auf offenbaren Afterprincipien. 1) Nach ihrem Fundamentalprincip drückt die mittlere Circumferenz *G k T* die Gröfse und Richtung des Druckes der Gewölbsteine aus, so dafs der Druck des Steines in *H N* $= k\,h$, der daraus hervorgehende Horizontaldruck von *k* nach $4 = k\,4$, und der verticale $= 4\,h$ ist; ferner ist der Horizontaldruck der obern Steine bis zu einer gewissen Grenze dem der darunter liegenden als entgegengesetzt zu betrachten; allein dieses folgert nicht nur nicht aus dem ersten Princip, sondern steht sogar mit ihm in bestimmten Widerspruch; denn nimmt man, den aufgestellten Princip gemäfs, z. B. *g f* als Ausdruck der Richtung und Gröfste von dem Drucke des untern Steines an, so dafs seine Richtung von *g* nach *f* geht: so ist sein Horizontaldruck dem der obern Steine nicht entgegengesetzt; nimmt man hingegen die Richtung des Druckes *g f* umgekehrt, von *f* nach *g*: so folgert zwar ein entgegengesetzter Horizontaldruck, aber zugleich auch ein entgegengesetzter Verticaldruck für den untern Stein, welches den Gesetzen der Schwere direct widerspricht. Es erhellet also, dafs das Fundamentalprincip dieser zweyten Methode durch offenbare Inconsequenzen sich selbst vernichte. Dieser Methode gemäfs drück 2) *F T* multiplicirt mit der Dicke des Gewölbes, welche in Fig. 41. $=$ *C D* ist, die Schwere des halben Gewölbes aus, da doch diese $=$ der innern Circumferenz *G k T* multiplicirt mit *C D* ist; allein aufser dieser Eigenheit der Methode, der gemäfs die Schwere der sämmtlichen Gewölbsteine zu geringe ausfällt, ergiebt sich auch noch 3) diese, dafs die Schwere oder der lothrechte Druck eines gleich grofsen und gleich schweren Gewölbsteines von oben nach unten zunimmt,

wie Fig. 41. deutlich zeigt; obwohl der lothrechte Druck solcher Gewölbsteine, unabhängig von ihrer Lage, immer unverändert bleibt. 4) Wird in dieser Methode ein Gewölb als aus unendlich vielen und gleich grofsen Steinen ohne Bindungsmittel bestehend, und demungeachtet die Schwere der obern zwischen *C D* und *H N* enthaltenen Steine vom Puncte *k* aus, und die der übrigen Steine vom Punct *T* aus auf das Widerlager wirksam gedacht; obschon unter Steinen, deren Fugen durch kein Bindungsmittel zusammenhängen, der verticale Druck eines obern Steines auf seinen untern übergeht, und die Stelle der verticalen Einwirkung der sämmtlichen unverbundenen Steine des halben Gewölbes auf das Widerlager nur allein in *T* oder vielmehr in *f* Statt findet. 5) Ist kein Zweifel, dafs die Bestimmung der Stelle *H N*, der Grenze der Action und Reaction des halben Gewölbes, auf eine unerwiesene Hypothese sich gründet. Obwohl dadurch, dafs in dieser Methode Rondolets der verticale Druck der Gewölbe zu klein, dagegen der Hebelsarm eines Theils dieses Druckes zu grofs, der effective Horizontaldruck zu gering, dagegen der Einflufs der Reibung, welche in der *ersten* Methode berücksichtiget ist, gar nicht in Rechnung genommen ist, die Fehler sich glücklich genug compensiren, und die Resultate dieser Methode mit denen der ersten und mit den angestellten Versuchen wohl übereinstimmen mögen: so wird demungeachtet jene Methode auf wirkliche Gewölbe, deren Steine mit einem Bindungsmittel versehen werden, nicht mit hinreichender Sicherheit angewendet werden können; denn nach Rondolets Bemerkung selbst, „dafs ein Gewölb, aus vielen unverbundenen Gewölbsteinen, einen nachtheiligern Seitendruck auf die Widerlager ausüben könne, als ein gleiches, aus wenigern losen Steinen bestehendes," ist die Stabilität der Widerlager von Fugentrennungen im Schlufs des Gewölbes und in den Lenden innerhalb 38°, vom Schlufs angerechnet, mehr gefährdet, als wenn aufser diesen Fugentrennungen noch eine oder mehrere unterhalb dem 38ten Grad eintreten; dazu kömmt ferner noch der Umstand, dafs bey grofsen, wirklichen Gewölben der Reibungscöfficient von dem der Modelle und der Rondoletschen Formeln sehr verschieden seyn kann.

Die dritte Methode, welche Rondelet die Methode des Schwerpunctes nennt, beruht gleichfalls auf falschen Principien, und empfiehlt sich eben so wenig zur Anwendung auf wirkliche Gewölbe. Es ist aufser Zweifel, dafs der Horizontaldruck des obern Gewölbstückes *C N* (Fig. 42.) nicht von dem Punct *C* aus nach *n*, sondern von den niedern Punct *N* aus auf den untern Theil des Gewölbes und das damit verbundene Wigerlager wirken könne, indem der Horizontaldruck *C n* in Verbindung mit dem lothrechten *G g* einen mittlern, schiefen Druck in *N* hervorbringt, und dieser wieder in einen horizontalen und einen lothrechten, beyde von der vorigen Gröfse, sich zerlegt; woraus hervorgeht, dafs Rondolet den Hebelsarm des horizontalen Druckes um die Länge *n N* zu lang berechnete, wofür er aber den Schwerpunct des untern Gewölbstückes, welches mit dem obern kein Ganzes mehr bildet, in *N*, wo die Schwere

des obern Gewölbstückes sich äussert, oder, was dasselbe ist, die Schwere des halben Gewölbes BC in N und dem Hebelsarm der dem Seitendruck entgegenwirkenden Schwere zu lang angenommen hat, so daſs die Fehler, sich compensirend, in den Resultaten gänzlich fast verschwinden, und diese mit den Modellversuchen ziemlich harmoniren. Auch bey dieser Methode tritt die vorhin gemachte Erinnerung gegen die Bestimmung der Bruchstelle N ein, und sie allein dient schon als Grund, die Richtigkeit dieser und auch der vorhergehenden zwey Methoden, welche mit ihr gleiche Resultate liefern, in Zweifel zu ziehen, bis nicht erwiesen ist, daſs der Bruchstelle N der Rondelet'schen Hypothese die gröſste Dicke der Widerlager correspondirt. Welche Zuversicht verdienen Methoden, welche auf widersprechende, fehlerhafte Principien gebaut, durch zufällige oder studirte Combination und Compensation der daraus entspringenden Fehler einigen Versuchen entsprechen; Versuche, woraus für die Praxis kein giltiger analoger Schluſs abgeleitet werden kann.

Perronet stellt mit *Chezy* für die Dicke der Pfeiler und Widerlager der Brückenbögen, diese mögen Halbzirkel oder verdruckt seyn, folgende allgemeine Formel auf. Es sey (Fig. 45.) BDY ein um ein Drittheil verdrucktes und nach der Methode des Pitot verzeichnetes Gewölb, wovon nämlich jeder der drey Bögen, woraus es besteht, 60 Grade hält. Die von la Hire für Halbzirkelgewölbe in 45° angenommenen Brechpuncte können für gedruckte Gewölbe einmal nicht gelten, eben so wenig können für diese die Brechpuncte in der Mitte der Gewölbhälften, wie Belidor und Frézier gethan, sondern in den Puncten L und L', wo der obere Bogen mit jedem der 2 untern Bögen, die mit einem kleinern Radius als der obere beschrieben sind, zusammentreffen, festgesetzt werden. Es sey $LK = a$, $KA = b$, $BY = c$, $PQ = d$, $LA = e$, $MP = f$, $SX = l$, $PS = y$, $ML = y + c$, $PX = y + l$. Die Fläche $CLDg = pp$, die von $BRCL = qq$, G der Schwerpunct der Fläche $BRCL$, gx eine auf die verlängerte PS herabgefällte Verticale, und PX oder $y+l$ der Hebelsarm der schweren Fläche $BRCL$, so wie $\frac{1}{2} y$ der Hebelsarm der Widerlagfläche $PQRS$. Ferner sey LO eine in L auf den Radius LA perpendiculare Linie, welche mit der aus P auf LO gezogenen Perpendiculare in O zusammenstoſst, so ist alsdann PO der Hebelsarm für den Keil $CLDg$, und im Zustande des Gleichgewichts muſs folgende Gleichung statt haben: der Seitendruck von $CLDg$, multiplicirt mit $PO = PQPS. \frac{1}{2} y + BRCL. (y + l)$. Nun ist $AK : KL = ML : MN$, also $MN = \frac{a. (y + c)}{b}$, und $LA : KA = PN$ oder $(PM - MN) : PO$, also $PO = \frac{f. b - a. (y + c).}{e}$ Der Seitendruck des Keils $CLDg$ nach der Richtung LO verhält sich zum verticalen Druck dieses Keils wie $LA : Lk$, also der Druck nach $LO = \frac{e.}{a} pp$, und dieser Druck mit PO multiplicirt $= \frac{e.}{a} pp. \left(\frac{f. b - a. (y + c)}{e}\right)$

$= pp. \left(\frac{f.b}{a} - c - y.\right)$ Ferner ist $QRSP \doteq PQ. PS \doteq d. y$, folglich $pp. \left(\frac{f.b}{a} - c - y\right) = \frac{d.yy}{2} + qq.(y+l)$, und $yy + y. \left(\frac{2qq + 2pp}{d}\right) = \frac{2pp.}{d} \left(\frac{f.b}{a} - c\right) - \frac{2qq.}{d} l.$ Ist das Gewölb ein Halbzirkel, so ist $a = b$, und das 2te Glied dieser Gleichung verändert sich in $\frac{2pp.}{d} (f - c) - \frac{2qq.}{d} l.$ In jedem andern Falle ist aus der Gleichung der Werth von y leicht zu finden. Perronet hat (Fig. 45.) den Brechpunct des halben Gewölbes nicht in der Mitte des Bogens BLD, sondern in L, wo die beyden ungleichartigen Bögen zusammen kommen, deſswegen angenommen, weil dieser Punct, nach seiner Bemerkung, den nachtheiligsten Fall gibt, indem, wenn man annimmt, daſs das Gewölb ober- oder unterhalb dem Punct L bricht, die dem Druck des Gewölbes entsprechende Dicke des Widerlagers, in beyden Fällen, geringer ausfällt, als in dem Fall, wo der Brechpunct in L ist, so daſs wie man in einen Bogen von 12 Toisen Weite den Brechpunct in der Mitte der Gewölbhälfte annimmt, die Dicke eines 6 Fuſs hohen Widerlagers nur 10 Fuſs 7 Zoll 4 Linien beträgt, während diese Dicke 11 Fuſs 5 Zoll 7 Linien wird, wenn man den Brechpunct in den Vereinigungspunct der beyden ungleichartigen Bögen setzt. Der nachtheiligste Brechpunct für die ein Drittheil verdruckten und aus 3 Mittelpuncten, aber nach andern Methoden als nach der des Pitot verzeichneten Bögen, findet sich indessen nicht in diesem Vereinigungspunct, sondern in andern Puncten, welche man nur durch mühsames Tatonniren auszumitteln im stande ist.

Ich mache bey dieser Methode Perronets nur darauf aufmerksam, daſs die Widerlager viel stärker ausfielen, wenn der Seitendruck L O des Gewölbes, der in dieser Methode an dem untersten Punct der Fuge C L ohne hinlängliche Rechtfertigung angenommen ist, an einem höhern Punct dieser Fuge wirksam gedacht würde.

Boistard stützte seine in dem Traité de construction des ponts par Gauthey I. Tom. 1809 und in dem Recueil de divers Memoires par Lesage II. partie 1810 enthaltene Theorie der Gewölbe auf Versuche, die er mit Gewölbmodellen von acht Fuſs Oeffnung und 8″ Breite anstellte; wozu er, beauftragt mit dem Bau der Brücke von Nemours, von den Zweifeln einiger sehr erfahrnen Mitglieder des Brücken- und Straſsen-Baudepartements: über die Festigkeit dieses vom Perronet projectirten Werkes, veranlaſst wurde, um den Erfolg des ihm übertragenen Baues im Voraus zu bestimmen. Wir lernen diese Versuche in folgendem Auszug kennen: „Jeder Gewölbstein, welcher nach Perronets Regel gleich dem 24ten Theil der Bogenöffnung, nämlich 4″ hoch war, bestand aus zwey Ziegelsteinen, welche an ihren äussern Flächen polirt, und mit den innern durch Gyps zusammen gekittet waren. Um die Steine alle gleich zu machen, bediente man sich eines hölzernen Models, der nach dem

Fugenschnitt jedes Steines bearbeitet, und in Form einer Rahme war. Man gebrauchte die so zubereiteten und zu einem Versuch schon angewendeten Gewölbsteine zu neuen Versuchen, indem man das einen Stein bildende Ziegelpaar mit einem Meissel trennte, und nach dem Fugenschnitt der neuen Gewölbsteine zuschnitt. Diese Gewölbsteine wurden, ohne Mörtel zwischen den Fugen, auf zwey parallelen Lehrbögen aus Brettern aufgesetzt. Der *erste* Versuch wurde an einem gleich dicken Halbzirkelgewölb, aus 48 Gewölbsteinen, jeder zu $7\frac{2}{24}$ Pfund schwere, angestellt. Als man die obern Gewölbsteine auf jeder Seite legte, bemerkte man ein Emporsteigen der untern Steine vom Lehrbogen. Nach Verlauf einiger Tage, vor Legung des Schlufssteines, hatten sich die untern 10 bis 11 Steine jeder Seite vom Lehrbogen dergestalt entfernt, dafs ungefähr der mittlere dieser Steinreihe den gröfsten Zwischenraum, zwischen sich und dem Lehrbogen, von einer Linie bildete, und dieser Zwischenraum, nach oben und unten zu, fast gleich abnahm. Hieraus folgt, dafs ein gleich dickes Halbzirkelgewölb, aus einer grofsen Anzahl von losen Steinen zusammen gesetzt, über seinen Anfängen einen Bogen von Gewölbsteinen hat, welcher vom Lehrbogen nicht getragen wird, und dafs in einer Stelle dieses Bogens ein Bruch des Gewölbes statt findet. Als der Schlufsstein gelegt, und der Lehrbogen um 9''' gesenkt wurde: spaltete sich jede Seite des Gewölbes in zwey Hauptpuncten, so dafs ein tieferes Senken des Lehrbogens wahrscheinlich den Einsturz des Gewölbes nach sich gezogen hätte. Das Gewölb öffnete sich auf jeder Seite zwischen dem 7ten und 8. Stein (von unten an gerechnet) nach aussen zu, ferner links zwischen dem 15ten und 16., und rechts zwischen dem 14ten und 16. nach innen. Die 7 obern Steine jeder Seite ruhten auf dem Lehrbogen, die andern unterhalb entfernten sich von ihm. Ein Beweis, dafs gleichdicke Halbzirkelgewölbe, deren Dicke gleich dem 24ten Theil der Oeffnung ist, durch sich selbst ohne Belastung der Schenkel sich nicht unterstützen können. Der *zweyte* Versuch mit dem nämlichen Modell wurde dahin abgeändert, dafs die untere Hälfte jedes halben Gewölbbogens durch eine um sie gelegte und mit einem Gewicht von 100 Pfund gespannte Schnur zusammen gehalten wurde, wodurch das Gewölb, nach einer Senkung des Lehrbogens im Schlufs um 8 Linien, in 4 Theile, im Schlufs und in den Anfängen nach innen und zwischen den 6ten und 11ten Gewölbsteinen nach aussen sich spaltend, aber sich unterstützend, zeigte. Als man nur den untern Viertheil jedes halben Gewölbbogens mit einer Spannkraft von 150 Pf. zusammenhielt, und den Lehrbogen um 18''' senkte: ruhten die 3 Schlufssteine noch auf ihn, und das ganze Gewölb wäre bey einem tiefern Senken des Lehrbogens ohne Zweifel eingestürzt. Der *dritte* Versuch bestund darin, dafs man 5 Achttheil jedes halben Gewölbbogens mit einer Schnur umschlang, an deren untern End ein Gewicht von 450 Pfund hieng, wodurch die Schlufssteine nach aufsen, und die im zweyten Versuch bemerkten Stellen der Lenden nach innen, Spaltungen erhielten, so dafs die Schlufssteine in die Höhe zu steigen drohten; Erscheinungen, welche de-

nen des zweyten Versuches gerade entgegen sind. Der *vierte* Versuch hatte ein Halbzirkelgewölb, dessen Schenkel mit einem Mauerwerk aus Ziegeln belastet waren, zum Gegenstand. (Fig. 46. Tab. 134.) Nachdem der Mörtel dieses Mauerwerks ein wenig getrocknet war, erniedrigte man den Lehrbogen um 9‴, ohne ein setzen des Gewölbes zu bemerken. Eine allmählige Belastuug des Schlusses bis zu 125 Pfund erzeugte die in Fig. 46. zu sehenden Fugenöffnungen. Bey Hinwegnehmung dieser Last gieng das Gewölb plötzlich wieder in seinen ersten Zustand zurück. Eine auf das Gewölb gelegte, in der Mitte mit 900 Pfund und dem Gewicht zweyer Personen beschwerte Bohle von 6′ 4½″ Länge, deren Enden von denen des Gewölbes auf jeder Seite um 10″ abstanden, brachte im Schluss, in den Anfängen des Gewölbes und zwischen den 7ten und 8ten Gewölbsteinen jeder Seite Fugentrennungen hervor, ein Fall, welcher in Praxis bey Gewölben eintreten mag, die oben eine sehr grosse Last von Mauerwerk, Erde oder Wasser zu tragen haben. Der *fünfte* Versuch wurde mit einem zu ein Drittheil gedruckten, gleichdicken Korbgewölb von gleichförmigster Krümmung dreyer Kreisbögen gemacht. Dabey ereigneten sich denen des ersten Versuches ähnliche Erscheinungen, und es bestättigten sich die aus jenen hervorgegangenen Folgerungen. Der *sechste* und *siebente* Versuch mit dem vorigen, aber mit einer Schnur gespannten Modell, welches im 7ten Versuch auf 10″ hohe Widerlager von der Dicke des Gewölbes gestellt wurde, zeigte dem zweyten Versuch analoge Erscheinungen. Der *achte* Versuch gieng an dem in Fig. 47. dargestellten Modell vor, welches bey Erniedrigung des Lehrbogens die in dieser Figur bemerkten Spaltungen zeigte, ein Beweis von der zu geringen Stärke der Widerlager. Im *neunten* Versuch wurden die Widerlager des Gewölbes mit Strebebohlen versehen, und es ergaben sich ähnliche Erscheinungen, wie im vierten Versuch. (Fig. 46.) Der mit einem ein Viertheil gedruckten Korbgewölbe von gleichförmigster Krümmung dreyer Zirkelstücke, angestellte *zehnte* und *eilfte* Versuch wurde wiederholt, nachdem das Gewölb, welches anfangs unmittelbar auf seinen untersten Gewölbsteinen ruhte, auf 10″ hohe Widerlager von der Dicke des Gewölbes gestellt wurde. Diese Versuche gaben ähnliche im ersten und fünften, im zweyten und sechsten Versuch angegebene Erscheinungen. Im *vierzehnten* Versuch an dem vorigen Modell, dessen Schenkel aber mit einem 4″ von den untersten Gewölbsteinen aufgeführten Mauerwerk belastet wurden, und im *fünfzehnten* Versuch, worin dieses Modell auf 13″ hohe und 8″ dicke Widerlager gestellt wurde (Fig. 48.), senkte sich das Gewölb auf den 9‴ erniedrigten Lehrbogen. Im *sechszehnten* Versuch war ein gleichdickes 300 Pfund schweres Kreisgewölb von 8′ Oeffnung und 2′ Höhe, von 106° 15′ 36″, aus 36 Gewölbsteinen von 4″ Höhe, auf 9½″ hohe und 9″ breite auf hölzernen Unterlagern ruhende Steinklötze von ungefähr 160 Pfund schwere gestellt, und zeigte nach der Ausrüstung im Schluss nach innen, und zwischen den 2ten und 3ten Gewölbsteinen jeder Seite nach aussen Fugentrennungen, indem die Klötze auf den 2′ ungefähr von ihren hintern Kanten befind-

lichen Unterlagern nach aussen sich drehten. Im *siebenzehnten* Versuch war das vorige Modell in den Schenkeln mit Ziegeln, deren Gewicht 550 Pfund betrug, trocken ausgefüllt, und setzte sich nach der Ausrüstung, im Schlufs und in den Anfängen sich öffnend. Im *achtzehnten* Versuch senkte sich das Modell (Fig. 50.), unter einer allmähligen Belastung von 87 Pfund im Schlufs, und, während der Abnehmung der Last in den Schenkeln bis auf $47\frac{1}{2}$ Pfund, in 4 Theile sich spaltend, auf den 6‴ erniedrigten Lehrbogen, indem zugleich der linkseitige unterste Gewölbstein und der rechtseitige Steinklotz sich in die Höhe hob. Im *neunzehnten* Versuch spaltete sich ein gleichdickes Kreisgewölb von 56° 8′ 42″ und 253 Pfund Schwere, so wie, im *zwanzigsten* Versuch bey trockner Ausfüllung der Schenkel, im *ein und zwanzigsten* Versuch ein gleichdickes Kreisgewölb von 31° 16′ 16″, und im *zwey und zwanzigsten* ein Plattgewölb, durchgehends mit Drehung der zu leichten Widerlagklötze, im Schlufs und in den Anfängen des Gewölbes." Aus diesen Versuchen erhellet: 1) dafs Korbgewölbe aus 3 Kreisstücken mit beladenen Schenkeln im Schlufs und nahe bey den zwey Stellen, wo die verschiedenartigen Kreisstücke sich vereinigen, Brechfugen erhalten, wenn ihr Schlufs gehörig belastet wird; 2) dafs die letztern Brechfugen dem Schlufs sich desto mehr nähern, je höher die Widerlager und je gröfser die im Schlufs aufgelegte Last ist; 3) dafs diese Brechfugen in einem Kreisgewölb mit ausgefüllten Schenkeln, dessen Höhe zur Oeffnung etwa wie 1 : 3 oder nur wie 1 : 4, und dessen Bogendicke nicht zu schwach ist, in die Anfänge des Gewölbes treffen; 4) dafs die Theile, in welche ein Gewölb sich spaltet, als Hebel wirken und nicht als Keile. *Boistard* betrachtet jedes Gewölb (Fig. 43.) überhaupt in irgend vier Theile KD, DE, Ed, dk gespalten, und diese als Hebel wirksam, welche mit dem jeden Gewölbtheil treffenden Gewichte beschwert, und um die Stützpuncte K, D, E, d, k beweglich sind, und die Lage der Puncte d und D, in jedem gegebenen Fall als abhängig von der Figur des Gewölbes und der Art der Vertheilung der auf dem Gewölb befindlichen Last. Bedeuten nun N, M, m, n die Puncte, wo die durch die Schwerpuncte der 4 Gewölbtheile gehenden Verticale die Hebel KD, DE, Ed, dk schneiden, so kann man die Hebel in diesen Puncten als beschwert mit ihren respectiven Gewichten ansehen. Nimmt man nun Anfangs den Punct D als fix an, und m als das in M angebrachte Gewicht, so ändert man nichts am System der 4 Hebel, indem man 2 andere Gewichte dafür substituirt, das eine in E und $= m \cdot \frac{F\varrho}{E\varrho}$, das andere in D und $= m \cdot \frac{EF}{E\varrho}$. Der Punct E ist also beladen mit einem Gewicht $= 2m \cdot \frac{F\varrho}{E\varrho}$, und hieraus entsteht in der Richtung des Hebels ED ein Druck $= m \cdot \frac{F\varrho \cdot ED}{E\varrho \cdot E\varrho}$, welcher, wenn der Punct D wirklich fix ist, durch dessen Widerstand getilgt wird, so wie auch eben

daselbst der verticale Druck $m \cdot \frac{EF}{E\varrho}$. Da aber dieser Punct D das äussere End eines andern Hebels ist, der seinen Stützpunct in K, und sein Gewicht n in N hat, so erfordert das Gleichgewicht der Hebel, daſs die Summe der Momente dieser verschiedenen Kräfte in Bezug auf den Stützpunct K zu Null werde, oder daſs $m \cdot \frac{F\varrho \cdot ED \cdot KV}{E\varrho \cdot E\varrho} = m \cdot \frac{EF}{E\varrho} \cdot KR + n \cdot KS$, wovon KV ein Perpendikel von K auf die verlängerte Linie ED ist, und KR, KS die horizontalen Abstände des Punctes K von D und N sind. Diesemnach ist $KV = \frac{KU \cdot D\varrho - DU \cdot E\varrho}{ED}$, und die Substitution dieses Werthes für KV in der ersten Gleichung giebt $m \cdot \frac{F\varrho \cdot D\varrho \cdot KU}{E\varrho \cdot E\varrho} = m \cdot KR + n \cdot KS$, ... ($A$), worin $m \cdot \frac{F\varrho \cdot D\varrho}{E\varrho \cdot E\varrho}$ den Horizontaldruck DU anzeigt. Wird $m \cdot \frac{F\varrho \cdot D\varrho}{E\varrho \cdot E\varrho} \cdot KU < m \cdot KR + n \cdot KS$. . . (B), so schalte ich die Boistard entgangene Bemerkung ein, daſs (Fig. 43.) für die Stabilität des Gewölbes (im Sinn der Undrehbarkeit der Widerlager KD um ihre Kanten K, B allein und nicht auch im Sinn der Unverschiebbarkeit der Widerlager auf ihrer Basis KB) nur so lange ein Augment Statt finde, als die Richtung des aus dem Horizontal- und Verticaldruck entstehenden mittlern Druckes noch die Basis KB des Widerlagers trift, also nicht auf den Punct B oder gar auf seine rechte Seite fällt; weil alsdann der mittlere Druck das Widerlager einwärts drehen, und die Schluſssteine auswärts pressen könnte. Da die Bruchstellen D, d überhaupt nicht ganz zuverlässig im Voraus bekanut sind: so räth Boistard diejenige Position der Bruchstellen in Rechnung zu nehmen, welche für die Dicke BK des Widerlagers das Maximum *) giebt. Er bemerkt ferner, daſs, der Gleichung (A) gemäſs, der Horizontaldruck des obern Gewölbtheiles auf seinen unteren, *bey übrigens gleichen Umständen*, mit der Gröſse $F\varrho$ wachse, so

*) Dieses Maximum glaubt Boistard dadurch zu finden, wenn der Quotient $= m \cdot \frac{FQ \cdot DQ}{EQ \cdot EQ} \cdot KU : m \cdot KR + n \cdot KS$ differenzirt, und sein Differenzial $= 0$ gesetzt würde; allein dieses Verfahren ist offenbar falsch. Die dem wahren Maximum von BK entsprechende Bruchstelle D findet sich, wenn der Werth von BK mittels der Gleichung (A) bestimmt, und sein Ausdruck, eine Function von den die Bruchstelle D bestimmenden Gröſsen, differenzirt, unds ein Differenzial $= 0$ gesetzt wird. Diese einzig wahre Methode stimmt im Allgemeinen mit der von Langsdorf in seiner Hydraulik angegebenen überein. Eben so wenig als Boistards Methode giebt die von Eitelwein in seiner Statik der Gewölbe aufgestellte „die Differenz der Momente des effectiven Horizontal- und Verticaldruckes oder $W - W' = D$, wo W das Moment des Verticaldruckes, und W' das des Horizontaldruckes bedeutet, zu differenziren und $= 0$ zu setzen" die der so zu findenden kleinsten positiven oder gröſsten negativen Differenz D entsprechende Dicke des Widerlagers als ihr wahres Maximum an.

dafs er, wenn der Schwerpunct M in den Schlufs fällt, in E am gröfsten sey, und umgekehrt abnehme, so dafs er, wenn M mit D in einer Verticale liegt, ganz verschwinde. Hieraus folgert Boistard, dafs es Gewölbe geben könne, welche bey einer hinreichenden Belastung der Stelle D oder bey irgend einer der innern Curve des Gewölbes entsprechenden äussern Curve, die er näher zu bestimmen unterliefs, gar keinen Seitendruck haben. Dagegen mufs ich aber versichern, dafs eine solche Curve nach aussen zu concav, und vom Schlufs seitwärts, so zunehmend divergirend von der innern Curve wird, dafs sie zu keinem practischen Zweck möglich brauchbar ist. Für Gewölbe dieser Art wäre $m \cdot KR + n \cdot KS = 0$, also KS negativ, d. i. der Schwerpunct N fiele links vom Punct K, und die untern Gewölbsteine reichten über die Verticale UK links hinaus. Jetzt komme ich zur Boistards paradoxen Behauptung, dafs es Gewölbe gebe, welche *Stabilität* ohne *Gleichgewicht* haben, in den Fällen nämlich, wenn die Gleichung (B) statt findet. Ich will nicht auf diesen offenbaren Widerspruch an und für sich, sondern nur auf das aufmerksam machen, dafs in jenen Fällen die Richtung des aus dem Horizontal- und Verticaldruck entstehenden mittlern Druckes, *wenn* er das Widerlager um K einwärts zu drehen strebt, die Basis KB treffe, und die Umdrehungskraft von dem Widerstand dieser Basis getilgt werde, daher ihr Widerstand den Mangel des Gleichgewichts aufhebe, und auf diese Art das Gewölb Stabilität und Gleichgewicht zugleich habe; dafs aber die Richtung jenes mittlern Druckes oder der Umdrehungskraft, wenn er das Widerlager um B einwärts zu drehen sucht, auf der rechten Seite von B die Linie BC treffe, bey diesen Bedingungen der mittlere Druck die Schlufssteine auswärts zu pressen im Stande, und so Mangel an Stabilität und Gleichgewicht des Gewölbes zugleich vorhanden sey. Woraus deutlich die Ueberzeugung hervorgeht, dafs ein Gewölb nie Stabilität ohne Gleichgewicht haben könne. Bisher galt die Voraussetzung, dafs der Bruch des Gewölbes in so ferne statt finde, als die Widerlager um ihre Stützpuncte sich drehen. Allein es ist der Bruch nach Boistards Bemerken, auch unter der Bedingung denkbar, dafs von dem Widerlager, ohne sich zu drehen, eine obere Horizontalschicht über dem untern Theil weggeschoben wird. Der Widerstand, welcher diese Bewegung hindert, hängt von der Schwere der obern Theile und von der Art ab, wie die Fugen des Widerlagers untereinander zusammen hängen, d. i. von der Reibung und Adhärenz des Bindungsmittels. Die Adhärenz des aus Sand und Kalk gemischten Mörtels kann, nach den Versuchen Boistards, auf einen Quadratmeter zu 6960 Kilogrammes *) gerechnet werden, so wie die Reibung auf 0,76 der Schwere; daher für diesen Fall des Bruchs die Gleichung $m \cdot \frac{F\varrho \cdot D\varrho}{E\varrho \cdot E\varrho} = 0{,}76\,(m + n) +$

*) Da Boistard seine Versuche über die Adhärenz so anstellte, dafs er diese und die Reibung zugleich fand, so zog er von diesem unreinen Resultat der Adhärenz die Ingredienz der Reibung, die er durch eigene Versuche besonders ausmittelte, ab, so dafs unter 6960 die reine Adhäsion zu verstehen ist.

$6960 \cdot KB$, oder, wenn man von dem Gewicht der obern Theile abstrahirt, $m \cdot \frac{F\varrho \cdot D\varrho}{E\varrho \cdot E\varrho} = 0{,}76 \cdot n + 6960 \cdot KB$ statt findet. Die Rücksicht der Sicherheit erfordert, daſs nach dieser zweyten Formel die Dicke der Widerlager bestimmt werde, welche nach der erstern in der Hypothese, daſs die Widerlager sich drehen, viel geringer ausfällt. Ich glaube aber hier noch beyfügen zu müssen, daſs, wenn die Hypothese „daſs die als ein Ganzes betrachteten Widerlager auf ihrer Basis verschiebbar seyen" eine noch gröſsere Dicke angäbe, diese Dimension der aus der zweyten Formel resultirenden vorzuziehen sey.

Langsdorf stellte in seinem vortreflichen Lehrbuch der Hydraulik 1794 neue Principien, die Dicke der Widerlager zu berechnen, auf. Er zerlegt den lothrechten Druck, den irgend ein Gewölbkeil $fcf'c'$ (Fig. 34.) in l und l' ausübt, in zwey Seitenkräfte, die eine nach der Richtung ld, welche er im Verfolg des Calculs auſser Rücksicht läſst, und die andere perpendiculär auf die Fuge fc, und diese letztere Kraft zerlegt er wieder in eine horizontale und eine verticale; er betrachtet diesen Gewölbkeil im Schluſs ss' getrennt, und jeden dieser 2 Theile als sich bestrebend, auf ihrer Sehne, (welche auf der einen Seite von l nach dem Mittelpunct von ss' geht) als einer unbeweglich schiefen Ebene, herabzugleiten, und löſst dieses Abgleitungs-Bestreben wieder in ein horizontales und ein verticales auf. Die Summe der aus diesen Zerlegungen gefundenen 2 Horizontalkräfte, welche er $= \frac{P}{2}(\sin. 2x + \sin. x)$ findet, wo P die Schwere des halben obern Gewölbkeiles, und x den Winkel seiner Fugen mit der Verticale bedeutet, giebt die Kraft, die die Widerlager umzustürzen sucht; welcher sich aber die lothrechten Kräfte des Gewölbes und der Widerlager widersetzen. Langsdorf nimmt ganz richtig zur Berechnung der Dicke der Widerlager diejenigen Fugen fc, $f'c'$ an, welchen die gröſste Dicke der Widerlager entspricht. Indessen würde bey der Zerlegung des lothrechten Druckes der radiale Seitendruck in den Calcul ganz auſser Acht gelassen. 2) Wurde das obere Gewölbstück in doppelter mechanischer Eigenschaft zugleich wirksam betrachtet; da doch das Gewölbstück nur *eine* Schwerkraft hat, und diese nur *einer* Zerlegung fähig ist. 3) Wurde die eine der Wirkungen, welche die schiefe Fläche hervorbringt, in Rechnung gebracht und die andere Wirkung nicht. Um eine nähere Erörterung zu ersparen, führe ich nur noch die der Erfahrung und der einfachen Theorie widersprechende Folgerung an, welche aus der Langsdorf'schen Formel des Horizontaldruckes sich ergiebt, nämlich daſs nach ihr, bey constantem P, Gewölbe von 1 bis 90 Graden und noch darüber, desto weniger Seitendruck hätten, je flächer sie sind, oder je kleiner $2x$ als 90° ist.

Meerwein gründet die in seiner Schrift über die Gewölbe 1802 auseinander gesetzte Theorie auf den Begriff der Streben, nicht des Keiles. Was seine übrigen Folgerungen betrift, so scheinen sie sich auf keine triftigen Gründe und Beweise zu stützen.

Schulze's Theorie der Gewölbe, welche in seinen Beyträgen zur Hydrotechnik 1808 enthalten ist, ist in Formeln aus der mechanique analytique von *la Grange* dargestellt. Aus ihr ergiebt sich das interessante Resultat, daſs der Seitendruck gleich dicker Kreisgewölbe, wenn von ihrer Dicke, der Höhe ihrer Widerlager und von den auſser der Schwere die Gewölbe noch affizirenden Einflüssen, als der Reibung und Adhäsion des Bindungsmittels, abstrahirt wird, in dem 38ten Grade 14′ 36″, vom Scheitel angerechnet, den gröſsten Effect auf die untern Gewölbtheile ausübe.

Eitelwein behandelt die in seiner Statik fester Körper 1808 vorgetragene Gewölbtheorie in der Hypothese des Keils, lehrt das Gleichgewicht der Korbgewölbe aus 3 Mittelpuncten und der scheidrechten oder Plattgewölbe, so wie das der gleich dicken Kreisgewölbe, und zwar das der zwey letztern Gewölbarten, durch Bestimmung ihrer Fugen, finden. Nach der für gleich dicke Kreisgewölbe angegebenen Formel $\text{tang}\,\varphi = \frac{7 \cdot v}{4 \cdot r}$, wo φ den Winkel einer Fuge mit der Verticale, v den durch die Schwerpuncte der Gewölbsteine gezogenen Kreisbogen, vom Scheitel angerechnet, und r den Radius dieses mittlern Bogens bedeutet, entsprechen den Fugen im 30ten, 60ten und 90ten Grade, vom Scheitel gezählt, der Ordnung nach, die Winkel von 42° 32′, 61° 23′, und 70° 1′.

Berard's Abhandlung über die Gewölbe: Statique des voûtes, welche zu Paris 1810 erschien, verdient ganz besonders eine umständliche Erwähnung. Sie umfaſst alle Arten der Gewölbe, giebt für den Zustand ihres Gleichgewichts und für die Stabilität der Widerlager die Gesetze an und erhebt sich in mehrern Rücksichten über das willkührliche und Unsichre der bey den bisherigen Gewölbtheorien gewöhnlichen Hypothesen. Für die Bedingung des Gleichgewichts von 3 oder 4 Gewölbtheilen (Fig. 55.) welche blos von der Schwerkraft afficirt werden, gilt die Gleichung $TK = vh$, d. i. $\frac{M}{\sin. a} = \frac{N. \cos. e}{\sin. (e-a)}$ oder nach ihrer Reduction $M. \text{tang.} e = (M + N). \text{tang}\; a$. . . (I), worin M die Masse von $FES'S$, N die Masse von $NMEF$, a und e die spitzen Winkel der Fugen FE, NM mit der Verticale bedeuten, Diese letzte Gleichung ist im Grunde dieselbe, welche Prony in der (S. 641) vorgetragenen Theorie angiebt, wenn man darin m negativ, d. i. $d'c'$ unter $r'i'$ annimmt und die Gleichung durch 2 dividirt. Durch Differentiation dieser Gleichung, wobey M und a unveränderlich angenommen werden, findet sich $M. d\, \text{tang.}\, e = \text{tang.}\, a.\, dN$ (II)

und durch Substitution von $\frac{dx}{dy}$ anstatt tang. e in der Gleichung (I) $M \frac{dx}{dy} = (M+N)$ tang. a (III), indem $S'P = x$ und $PM = y$; ferner, indem in der Gleichung (I) N als unendlich klein, daher gleich dem Differential von M, d. i. dM und tang. $e =$ tang. $a + d$ tang. a gesetzt wird, durch Substitution dieser Werthe in (I) und durch Reduction die Gleichung $\frac{M}{\text{tang.}\,a} = \frac{dM}{d\,\text{tang.}\,a}$... (IV), woraus $\frac{d\,\text{tang.}\,a}{\text{tang.}\,a} = \frac{dM}{M}$ und durch Integration log. a + log c = log. M oder $c = \frac{M}{\text{tang.}\,a}$ (V), nämlich gleich dem horizontalen Seitendruck des halben Gewölbes wird. Setzt man in der Gleichung (II), $\frac{de}{\cos^2 e}$ für d tang. e, $K\,de.\,(R + \frac{1}{2}K)$, worin K die Höhe der Fuge NM, R den Krümmungshalbmesser MI des Bogens Mm bedeutet, für dN: so erhält man durch Reduction, ohne Integration, $K = -R + \sqrt{\frac{2M}{\text{tang.}\,a.\cos^2 e} + R^2}$ und durch Substitution von $\frac{dy^2}{ds^2}$ für $\cos^2 e$, indem ds den Bogen Mm ausdrückt, und von $C =$ etc. für die Constante $\frac{2M}{\text{tang.}\,a}$ die Gleichung $K = -R + \sqrt{\frac{C ds^2}{dy^2} + R^2}$, welche sich in Erwägung, daſs im Schluſs $ds = dy$, $K = k = SS'$, $R = r$ also $C = k^2 + 2rk$ wird, in folgende $K = -R + \sqrt{(k^2 + 2rk)\frac{ds^2}{dy^2} + R^2}$ (VI) umstaltet. Diese Gleichung, im Grunde dieselbe, welche Däzl und Prony gefunden, lehrt die äussere Krümmung eines im Gleichgewicht stehenden Gewölbes, finden, wenn die innere Krümmung durch die Function zwischen x, y gegeben ist; und umgekehrt die innere Krümmung, wenn die äussere bekannt ist. Man setze nämlich $S'P' = x'$, $P'N = y'$, daher $Mo = x - x'$, $oN = y' - y = K.\frac{dx}{ds}$; so giebt die Elimination von K aus den zwey letztern Gleichungen und der Gleichung (VI) folgende Gleichungen: $(y' - y)\,dy - (x - x')\,dx = o$ (VII) und $(y' - y)\frac{ds}{dx} = -R + \sqrt{\frac{ds^2(k^2+2rk)}{dy^2} + R^2}$ (VIII). Für das Gleichgewicht der Gewölbe, auf welche auſser der Schwerkraft noch andere Kräfte einwirken, wenn z. B. Gewölbe mit lockerer Erde, mit Wasser bedeckt sind, sind die Formeln theils zu complicirt, theils für Brückengewölbe nicht anwendbar, daher ich sie hier nicht anführe, und gleich zur Betrachtung der Brückengewölbe, die oben geradlinigt auslaufen, übergehe. Es sey $\varrho y' = x' + k$, indem ϱ die Tangente des Winkels bezeichnet, den der Anfangs als schief angenommene Rücken jeder Gewölbhälfte mit der Horizontallinie bildet. Setzt man den Werth von x' aus der vorstehenden Gleichung in die (VII); zieht alsdann aus dieser den Werth von y', substituirt ihn in der Gleichung (VIII), und setzt darin für den Fall,

dafs der Rücken des Gewölbes horizontal sey, $\varrho = o$, und $R = -\frac{dx\,ds}{d^2y}$, wobey ds constant ist; so erhält man durch Integration die Differential-Gleichung erster Ordnung $dy = dx\,[(x+k)^2 - C] : \sqrt{(k^2 - C)^2 - ((x+k)^2 - C)^2}$, welche der elastischen Curve angehört, und von der von Lambert und Däzl gefundenen nur der Form nach verschieden ist. Ihr Integral ist mit Mühe nur aproximativ zu erhalten, wefswegen Prony, wie schon erwähnt, einen andern Weg einschlug. Ich bemerke, dafs bey allen diesen Formeln der Einflufs der Reibung und der Adhärenz des Bindungsmittels aufser Acht geblieben, dadurch aber die Stabilität von Gewölben, deren einzelne Theile nach diesen Formeln angeordnet sind, nicht im mindesten gefährdet ist, indem bey solchen Gewölben die Reibung und das Bindungsmittel zu ihrem Gleichgewicht nichts beytragen, und auf solches weder vortheilhaft, noch nachtheilig einwirken können, so lange als dieses Gleichgewicht von äussern Einflüssen nicht gestört wird. Diese zwey Potenzen haben nur bey Gewölben, die durch die Schwere ihrer Theile allein nicht im Gleichgewicht wären, auf dieses Einwirkung. Allein da ihre Werthe keiner sichern Bestimmung fähig sind und den Calcul des Gleichgewichts nur sehr verwickeln würden; so hat man allgemein dieselben nicht in den Calcul aufgenommen.

Da überhaupt ein Gewölb, dessen Theile auch in vollem Gleichgewicht stehen, dem Einsturz unterworfen seyn kann, wenn seine Widerlager nicht hinreichend widerstehen: so behandelt Berard auch diesen Gegenstand und zwar auf eine Art, welche sich vor den mehr oder weniger mangelhaften bisher vorhandenen Methoden, wesentlich auszeichnet. Es ist aufser Zweifel, dafs ein Gewölb, so lange es mit seinen Widerlagern nur eine Masse bildet, keinen Seitendruck ausübt; ein Seitendruck aber statt findet, und dieser bey Gewölben, deren Gewölbsteine nicht im Gleichgewicht sind, so wie überhaupt seine Einwirkung auf die Widerlager sehr verschieden ist, wenn und je nachdem *dasselbe* Gewölb aus mehr oder weniger losen Theilen bestehend, und diese Theile in einem gewissen Verhältnifs ihrer Gröfse gedacht werden; ein Gewölb, wenn es zu irgend einer Zeit sich theilt, in der Regel am leichtesten und gewissesten in ihren ursprünglichen Fugen sich trennt; also der Seitendruck und ihre Einwirkung auf die Widerlager von der *Zahl* und *Position* der Fugentrennungen abhängig ist; dafs das Moment des Seitendruckes, wenn dieser nicht abnimmt, mit dem Hebelsarm wächst, der Effect des Seitendruckes mit oder ohne Moment, je nachdem ein Umdrehen oder Verschieben der Widerlager angenommen wird, in Bezug auf diese nach der Gröfse ihres Widerstandes sich richtet, also immer einen relativen Werth hat. Die Sicherheit eines Gewölbes erfordert, dafs die Widerlager auch den gröfsten Effekt des Seitendruckes, den das Gewölb in irgend einem Fall seiner Fugentrennungen hervorzubringen im Stande ist, Widerstand leisten, daher zur Bestimmung ihrer Dicke derjenige Fall der Fugentrennungen rücksichtlich ihrer Position und Zahl angenommen werde, welcher die gröfste

Dicke in Anspruch nimmt. Die Ausmittelung dieses Falls einer strengen Berechnung zu unterwerfen, würde mit zu grofsen Schwierigkeiten verknüpft seyn, daher Berard nicht den Weg der strengen Wahrheit, sondern den der Approximation einschlägt. Er sucht nämlich den gröfsten Horizontaldruck, den das Gewölb je hervorbringen kann, und denkt sich ihn auf jeder Seite des Gewölbes an derjenigen Stelle wirksam, an welcher seine Wirkung die gröfste Dicke der Widerlager fordert. An dieser Stelle äussert sich wirklich vielleicht in keinem Falle dieses Maximum des Seitendruckes, sondern ein geringerer; allein diese Hypothese, indem sie eine etwas gröfsere Dicke der Widerlager als nothwendig angiebt, entspricht zugleich der Forderung der die scharfe Grenze des Nothbedarfs nicht liebenden Praxis. Der gröfste Horizontaldruck eines Gewölbes wird für die Widerlager von irgend 2 obern Gewölbkeilen M, M, die in der Schlufsfuge des Gewölbes sich berühren, und deren untere Flächen mit der Verticale den Winkel a machen, hervorgebracht, und ist $= M \cot. (a + \theta)$, mit Rücksicht auf die Reibung der untern Keilflächen, indem θ den Winkel einer schiefen Ebene mit dem Horizont bezeichnet, unter welchem ein Gewölbstein von derselben abzurutschen aufhört, oder $= M \cot a$, ohne Rücksicht auf Reibung. Für solche Gewölbe, deren Theile nicht im vollen Gleichgewichte sich befinden, giebt die Differentiation des Ausdruckes für den Horizontaldruck den Winkel a an, und bestimmt so den Werth von $M \cot a$, indem M eine Function von a ist. Bedeutet nun F den gröfsten Horizontaldruck eines Gewölbes, der z. B. in l (Fig. 34.) wirksam gedacht, die gröfste Dicke der Widerlager ausspricht: so ist im Zustande des Gleichgewichts $F.\, mp = M.\, mr + N.\, m\, 7$, worin N die Masse eines Widerlagers mit dem damit verbundenen Gewölbreste ausdrückt, die Bedingung des Nichtdrehens der Widerlager, und $F < \pi (M + N)$, indem π den Reibungscöefficienten bezeichnet, die Bedingung ihres Nichtrutschens. Wenn aber ein Gewölbe nicht in der Hypothese der Keile, sondern in der der Streben, also das Gewölb in 3 oder mehrern Stellen sich spaltend, wie Fig. 42. zeigt, gedacht wird: so ist der gröfste Horizontaldruck $F = \frac{M\,.\,Ng}{P'B - NP'}$ gleichfalls durch Differentiation zu bestimmen, und die Bedingungen des Nichtdrehens und Nichtrutschens der Widerlager auf die angegebene Art zu finden. Da diese Methode, die Dicke der Widerlager zu bestimmen in der Ausübung noch zu schwierig ist, so giebt Berard eine andere Näherungsmethode. Er nimmt an, dafs der gröfste Horizontaldruck F und der lothrechte Druck des halben Gewölbes zugleich an der untersten Gewölbfuge oder am Anfang des Gewölbes sich äussere, oder dafs ursprünglich der erstere Druck im Scheitel, und der zweyte im Schwerpuncte des halben Gewölbes wirke, indem dieses mit dem Widerlager nicht fest verbunden gedacht wird, und bestimmt hieraus den für die Hypothe des Keils und der Streben zugleich geltenden Seitendruck $F = \frac{S\,(b - D + D')}{a + \frac{1}{2}k - h'}$, worin S die Masse des halben Gewölbes ohne das Widerlager, b die halbe Gewölböffnung, D die horizontale Entfernung der Mitte des

Gewölbes vom Schwerpunct des halben Gewölbes, D' die horizontale Entfernung des Mittelpunctes der untersten Gewölbfuge vom Anfang des innern Gewölbbogens, d. i. $= mo$ (F. 36.), a die Höhe der Gewölböffnung, k die Höhe des Schlufssteines, und $h' = mn$ die lothrechte Entfernung des Mittelpunctes der untersten Gewölbfuge vom Anfang des innern Bogens. Einen zweyten Werth $= kr + \frac{1}{2} k^2$, wo r den Radius im Scheitel bezeichnet, bestimmt er für F aus dem Maximum M cot. $a = \frac{o}{o} = \frac{dM}{d \text{ tang. } a}$ (Seite 644.) und zwar für Gewölbe, deren äussere Fläche von derjenigen, welche dem Gewölb, bey unveränderter Schlufshöhe und innerer Krümmung, im vollkommenen Gleichgewicht zukömmt, ganz umschlossen wird, und findet endlich einen dritten Werth von $F = S$ cot. a, wo a den Winkel der untersten Gewölbfuge mit der Verticale bedeutet, für solche Gewölbe, von deren äussere Fläche die zu beschreibende Gleichgewichtsfläche ganz umschlossen wird. Für Gewölbe erster Art im Zustande des Nichtdrehens und Nichtrutschens der Widerlager gelten die Formeln 1) $S\,(H + h') \cdot \frac{(b - D + D')}{a + \frac{1}{2} k - h'} = S\,(z - D') + \frac{1}{2} f H z^2$, 2) $k\,(r + \frac{1}{2} k)\,(H + h') = S z + \frac{1}{2} f H z^2$, 3) $S \frac{(b - D + D')}{a + \frac{1}{2} k - h'}$ oder $(k r + \frac{1}{2} k^2) < \pi\,(S + f H z.)$ Für Gewölbe zweyter Art, wohin die oben horizontalen Zirkelgewölbe sich zählen, gehören in beyden Fällen der Stabilität der Widerlager, die Formeln I) $S\,(H + h') \cdot \frac{(b - D + D')}{a + \frac{1}{2} k - h'} = S\,(z - D')$, II) S cot. $a\,(H + h') = S\,(z - D') + \frac{1}{2} f H z^2$, III) $S \frac{(b - D + D')}{a + \frac{1}{2} k - h'}$ oder S cot. $a < \pi\,(S + f H z)$, indem H die Höhe der Widerlager, z die Dicke der Widerlager, f das spezifische Gewicht der Widerlager, das des Gewölbes $= 1$ angenommen, und die übrigen Gröfsen die schon angegebenen Bedeutungen haben. Berard bemerkt, dafs Gewölbe erster Art ihren gröfsten Horizontaldruck im Schlufs, und die zweyter Art ihn am Ende des Gewölbes haben, und dafs man für erstere Gewölbart diejenige ihrer 3 Formeln 1. 2. 3., so wie für letztere Gewölbart die der Formeln I. II. III. zur Bestimmung von z wählen müsse, welche den gröfsten Werth dafür giebt; dafs endlich für Gewölbe, welche die den zwey Gewölbarten zukommenden Eigenschaften gemischt besitzen, eine aus den dafür angeführten Berechnungsarten gemischte statt finde.

Die übrigen über die Gewölbe noch existirenden Theorien werden, entweder wegen ihrer zu seichten Begründung oder wegen Uebereinstimmung ihrer Principien mit denen hier vorgetragener Theorien, übergangen.

Als Beyspiel, wie verschieden die Resultate der meisten abgehandelten Theorien für ein und dasselbe Gewölbe ausfallen, diene die im Bau begriffene Brücke von München, bey welcher die Stärke der Widerlager zu 30 Schuh festgesetzt ist, und die nach der S. 595. angegebenen Regel 24 Fufs seyn könnte, um einen vollkomme-

nen Widerstand zu leisten. Es hat daher bey dieser Brücke, weil alte Ziegel genug vorhanden waren, und die hohe Chaussée ohnehin Stützmauern erforderte, das Widerlager sechs Schuh mehr zur Stärke erhalten, als jene Regel angiebt, und es ist das Seite 597. festgesetzte Verhältnifs wie 1 : 3,2, das sind 30′ angenommen worden.

Die Dicke ihrer Widerlager (5 *) beträgt in Rücksicht des Umdrehens					des Verschiebens	
nach Derand	nach Gautier	nach Belidor	nach Rondelet	nach Berard	nach Berard	nach den Seite 595 und 597 vom Verfasser dieses Werkes gegebenen Regeln
Fufs.	Fufs.	Fufs.	Fufs.	Fufs.	Fufs.	Fufs.
32	39	6,6	3,4	10 *)	13,5 **) 27,4 ***) 28,5 ****)	24, oder 30 bey diesem flachen Bogen.

§. 405. *Die Decoration der Brücken* kann nur dem wahren Kenner alsdann gefallen, wenn sie einfach und aus solchen Gliedern oder Verzierungen besteht, welche wesentlich zur Brücke gehören. Wie schön ist nicht die Brücke von Neuilly (T. 119.)? wie gesucht sind dagegen die bey der Eintrachtsbrücke zu Paris *T. 124.* angebrachten Bekränzungen und Brustmauern? Man begnüge sich daher mit einigen stark hervor stehenden Gliedern im Cordon oder der Bekränzung der Brücke, welche zur Herausrückung des Geländers über die zwo Seitenflächen der Bogen, dienen kann, wie bey den Brücken von Dresden und München; man lasse alle Säulen, Pilaster und andere sogenannte Zierrathen weg, die man die Verzerrungen des architectonischen Characters eines jeden Gebäudes, insbesondere aber einer Brücke, nennen könnte. 2) Will man der Brückenmasse ein leichtes Ansehen geben: so mögen eiserne Geländer die Stelle der steinernen Brustmauern vertreten, wie bey der Westminster-Brücke zu London, und der Brücke zu Dresden geschehen ist; welche ich auch bey der Brücke zu München gewählt habe. 3) Schliefsen die zwo Schenkel der Bogen eine zu grofse

*) Diese Dimension ist die gröfsere der aus den zwey Annäherungsformeln für Gewölbe zweyter Art hervorgehenden Dimensionen.

**) Der Reibungscoefficient ist = 2, und der Gewölbbogen durch die Widerlager bis zum Rost fortgesetzt angenommen.

***) Der Reibungscoefficient ist der vorhergehende, die Fortsetzung des Gewölbbogens aber nicht angenommen.

****) Diese Fortsetzung gilt, der Reibungscoefficient aber ist = 3. Durch diese Dicke von 28,5′ sind die Widerlager gegen den Fall des Umdrehens und des Verschiebens zugleich gesichert.

(5 *) Die Dicke der Pfeiler beträgt nach Berard, mit Abstraction des von dem nächsten Gewölbbogen entstehenden horizontalen Gegendruckes, 10 Fufs, nach der S. 583. gegebenen Regel aber 8 Fufs, jedoch mit Rücksicht auf den Gegendruck des nächsten Gewölbhogens und der Festigkeit der Steine.

Fläche ein, welche die Brücke schwerfällig macht, so lasse man den Brückenpfeiler bis zum Trottoir hinauf gehen, und bringe darüber Sitze an, wie bey den Brücken von Madrid, Westminster, Dresden und Mühldorf geschehen ist. 4) Diese Unterbrechung solcher zu grofse Aeufsern-Flächen kann auch durch kleine über die Pfeiler angebrachten Gewölbe, davon wenigstens die Weite der halben Breite des Pfeilers gleich seyn sollte, und die das Doppelte zur Höhe haben mag, und durch einen Halbkegel, wie bey der Brücke von München, bewirkt werden; die Brücke Fabricius zu Rom, und die Karlsbrücke zu Nürnberg geben über solche Oeffnungen Beyspiele. 5) Die grofsen Seitenflächen, zwischen zwo Bogen, kann man auch mit einem Basrelief von Bronze, unterbrechen, welches Züge aus der Nationalgeschichte darstellen mag. 6) Auf den Brücken, Statuen zu setzen, wird nur dann räthlich: wenn man die Vorpfeiler bis zum Pflaster hinauf gehen läfst, um sie darauf zu stellen; statt dessen ist es aber besser, dieselben auf einem grofsen mit Gebäuden umgebenen Platz, auf dem die Brücke ausläuft, zu errichten, weil sich Statuen niemals in freyer Luft, d. i. ohne eine Umgebung oder einen Hintergrund, so schön als mit demselben ausnehmen. 7) Die offenen Gewölbe oder Durchgänge, wenn sie beynahe doppelt so hoch als weit sind, werden auch in den Widerlagern angebracht; sie unterbrechen dann die grofse Mauermasse auf eine dem Auge angenehme Art, und geben der Brücke ein leichteres Ansehen; überdiefs dienen sie zur Erleichterung der Communication, längs den Ufern; ein Beyspiel giebt die Münchner-Brücke Fig. 3. Tab. 133. 8) Auch die Umgebungen der Brücken suche man durch grofse und zum Nutzen des Publikums abzweckende und geschmackvoll decorirte Plätze durch grofse und in reinem Styl aufgeführten Gebäude, oder durch Anpflanzungen, zu verschönern. Denn in der That wird der Geschmack eines Volkes nicht bestimmter ausgesprochen, als bey solchen öffentlichen Werken! Es kann daher das Kleinliche und die Gleichgültigkeit an schönen Anlagen nicht besser erkannt werden, als wenn man auf eine grofse und schöne Brücke, aus engen Gassen tritt, die schmutzigsten, abgeschmacktesten Umgebungen zu übersehen, genöthiget ist, den Staub und Gestank, welchen eine schlechte Polizey gestattet, empfinden mufs. 9) Besonders sollte man in der Nähe der Brücke einen solchen Platz anlegen, wo der Landmann und Bürger viele Waaren findet; er sey mit Geschmack decorirt, oder bilde einen öffentlichen Spatziergang. 10) Brücken mit breiten und bequemen Trottoirs werden allemal häufig vom Publikum besucht, *) weil man darauf im Sommer eine kühle und gesunde Luft einathmet, und von denselben gewöhnlich die schönste Aussicht, auf den Flufs und seine Ufer hat; also versäume es der Ingenieur nicht: in der Nähe der Stadt, die Breite der Brücken möglichst grofs, und die Anlage der Seitengehwege, möglichst bequem zu machen, dem Brücken-Pflaster aber weder eine zu grofse Wölbung, noch einen zu grofsen Abhang zu geben.

*) Die Breite der Trottoirs, bey grofsen steinernen Brücken, sollte wenigstens sechs Schuh betragen; bey mittlern Brücken 48, und bey kleinen 30 Zoll.

11) Auch die zur sicherheit der Brücke und zur Bequemlichkeit des Verkehrs dienenden Ufer- oder Kaimauern, welche von der Brücke ab und längs den Flußufern gehen, lasse man aus Werkstücken oder guten Ziegel bestehn, und führe dieselben so weit flußauf- und flußabwärts, als die Mittel zu ihrer Anlage reichen. Endlich muß 12) für eine helle Beleuchtung der Brücke gesorgt werden.

§. 406. *Die construction der Lehrgerüste* (cintres) zu den Gewölben, worüber diese aufgeführt werden, spielt beym Bau der steinernen Brücken eine sehr wichtige Rolle, weil diese Gerüste die gesammte Last eines Bogens so lange tragen müssen, bis die Schlußsteine (clefs) gesetzt sind. Unter dem *Lehrgerüste eines Gewölbes*, also auch der *Brücken-Bogen*, versteht man eine solche Verbindung von gezimmerten Hölzern, welche oberhalb, nach der Form des Gewölbes, dergestalt eingerichtet ist, daß es dem Druck desselben zu widerstehen vermag, ohne sich auf eine für das Gewölbe schädliche Weise zu biegen, oder aufwärts d. i. nach dem Gipfel gepreßt zu werden. Setzt man solche Gerüste ohne Zwischen-Unterstützungen, mit ihren Enden, gegen oder auf die Widerlager des Bogens: so heißen sie *Angelehnte-Freystehende-* oder *Bogenförmige-Lehrgerüste*, oder *Aufgeschürzte-Gerüste* (cintres retroussées) oder *Polygon-Gerüste* (cintres formés des polygons), weil sie ein in dem Gewölbbogen beschriebenes Polygon bilden. Jedes Lehrgerüst der Art, wie z. B. das zur Brücke von Neuilli gebrauchte und in Fig. 50. Tab. 130. gezeichnete, besteht aus mehrern einzelnen der Länge des Bogens nach verbundenen Zimmerungen (Fermes retroussées) die ich *Gerüst-Rippen* *) oder *Bogenförmige-Rippen* nenne, und die man auf fünf bis acht Schuh Abstand stellt. Diejenigen wagerecht liegenden Schwellen *e e* (moises horizontales) womit man diese Rippen untereinander zu einem stabilen Ganzen verbindet, bezeichne ich mit *Verbindungsschwellen*. Solche Bauhölzer *c c* Fig. 43., welche vorzüglich die Spannung und Tragkraft einer Gerüstrippe bewirken, die öfters aus gekuppelten Balken bestehen und die Franzosen arbaletriers nennen, bezeichne ich mit *Hauptträger*, *spannträger*, *sprengstreben* oder *Polygon-streben*; weil sie nach einem in den Bogen beschriebenen Polygon gestellt werden. *Streben a b* (Fig. 43.), auf welchen die Endepuncte eines Lehrgerüstes ruhen, heißen, wenn sie schräg stehen, (jambes de force); *stützstreben* oder *Widerlagstreben*, wenn das Gerüst dagegen ansteht; stehen diese lothrecht, so nennt man sie *ständer*, (poteaux). Solche Holzstücke oder Säulen, an welchen einige Theile des Gerüstes gleichsam hängen, oder von denen sie nach oben gezogen werden, heißen *Hängesäulen d d* (moises pendantes) die mittlere Säule heißt französisch poinçon. Diejenigen horizontal oder schief liegenden Balken, welche die gleichnamigen Theile eines solchen Gerüstes auseinanderspannen, nenne ich *spann-Riegel m m* Fig. 42. (entraits); verbinden sie blos diese Theile, so sind es *Riegel*; franz. entretoises; womit die Franzosen zuweilen auch die an ein gemeinschaftliches Bauholz oder gegeneinander stoßenden Streben bezeichnen, die ich

*) Fig. 43. Tab. 130. stellt die Rippe eines solchen Lehrgerüstes dar.

Gegenstreben nenne. Da auf einem solchen Gerüste einige nach der Bogenform behauene Holzstücke aufgesetzt werden, so nenne ich sie Bogenstücke *v v* (Fig. 43.) (veaux ou d'os), die *Grundschwellen* s s Fig. 42., worauf die zwo Enden eines Lehrgerüstes gesetzt werden, benennen die Franzosen mit sablière und die *Kron*- oder *Deckschwelle b* Fig. 43., welche auf die Stützen oder Stützstreben *a b* gezapft sind, heifsen sie chapeaux. Dem Gerüste noch mehr Steifigkeit oder Stabilität zu geben, werden, zwischen den Feldern der Rippen, Queerverbindungen *x x* Fig. 45. 46. und 50., angebracht, welche man *Kreutzstreben* (contrefiches) oder *Windruthen* (contrevents) nennt. Die unter jeder Gewölbsteinreihe auf das Lehrgerüste gelegten durchgehenden Balken nenne ich *Unterlag*- oder *Lagerbalken t* Fig. 43. (couchis), und die darüber zuweilen auch darunter gelegten *keilförmigen Klötze* heifsen *Lagerkeile* (cales). Sie dienen um die einzelnen Gewölbsteine genau nach der Bogenform zu setzen und die ungleichen kleinen Beugungen des Lehrgerüstes auszugleichen, also die Bogenform beyzubehalten, und endlich um die Ausrüstung des Bogens, das ist, die Wegnahme des Lehrgerüstes, besser bewirken zu können. Die obern Lagerkeile, welche unter jedem Gewölbstein, das ist unter seiner Untern-Fläche (douelle), die man auch die *Gewölbfläche* oder Innere Seite eines Gewölbes nennen könnte, zu liegen kommen, dienen ferner dazu, dafs man den Fugen dieser Steine beykommen kann; und endlich ist, bey grofsen Bögen, zwischen dem Lehrgerüste und den Gewölbsteinen, ein Raum von 6 bis 15 Zoll (je nach der Gröfse des Bogens) nothwendig, damit sich das Gewölbe, während der Ausrüstung, nicht auf das Lehrgerüste setzt; diesen Raum nehmen aber die Lagerbalken und Lagerkeile ein. Bey sehr kleinen Brückengewölben, von achtzehn Schuh Weite, macht man die Lehrgerüste aus Bohlen-Bogen (Bohlensegmenten) wie die gewöhnlichen Bogengerüste der Maurer, welche auf die hohe Kante gestellt werden. Diese Construction hat wahrscheinlich die erste Idee zu den Bohlendächern gegeben. Man bedeckt sie mit Brettern (*Schaalbretter*). Auf diese Weise setzten auch die Alten häufig ihre Lehrgerüste zusammen, wie man denn die Stellen, wo die Schaalbretter gelegen, noch jetzt an den Gewölben des Colisaeums und der Thermen zu Rom erkennt. In einigen Gegenden Italiens legt man auf die Bohlen-Segmente, statt der Schaalbretter, Rohrstängel oder Weinreben, nagelt dieselben darauf fest und bedeckt sie mit Lehm, worin die der innern Gewölbfläche zu gebenden Verzierungen modellirt sind, damit sich solche in die untere Gypsmörtel-Lage des Gewölbes abdrucken. Auch die aus Bruchsteinen zu machenden Gewölbe, erfordern eine Bedeckung mit Schaalbretter, die man bey den grofsen Gewölben von Werkstücken nicht mit Nutzen anwenden kann. Darauf wird auch wohl eine Mörtellage regelmäfsig nach dem Bogen gestrichen, und ist diese erhärtet: so legt man die Bruchsteine. Bey den aus Gewölbsteinen so gemachten Brückenbogen haben wir nur ein Beyspiel an der Brücke *Port des piles* über die *Creuse* (§. 315.): dafs diese Steine auch auf ein Mörtelbett gelegt worden sind: folglich gebrauchte man, um die Gewölbe dieser Brücke zu verfertigen, Schaalbretter.

§. 407. Zu den berühmtesten Autoren, welche, vor *Perronet*, über die Lehrgerüste geschrieben haben, kann man *Pitot*, *Couplet*, *Frezier* und *Lorgna* zählen; aber leider stellen sie darüber nur unanwendbare Theorien auf. Da alle bis jetzt in Anwendung gebrachten Constructionen, eine bedeutende Senkung des Lehrgerüstes nicht verhindern, so hat *Perronet* die Form, welche die Gewölbe, während ihrer Errichtung, annehmen, berücksichtiget, und im Allgemeinen für die mittlern Bogen 12 bis 15 Zoll und für kleinere neun Zoll, zur Erhöhung des Lehrgerüstes, über die Bogenhöhe, welche das Gewölbe nach der Ausrüstung erhalten soll, angenommen.

Alle Schriftsteller sind darüber einverstanden: dafs man die ein Lehrgerüste bildenden Bauhölzer dergestalt miteinander verbinden müsse, damit sie demjenigen Druck der Gewölbsteine, welchen diese, während sie von ihrem Lager abzugleiten sich bestreben, widerstehen. Die Versuche, welche Perronet und die ich habe anstellen lassen, beweisen nun, dafs ein harter Stein über einen andern weggleitet, wenn sie 44 bis 45° schief gelegt sind, und dafs, wenn eine zwischen denselben gelegte Mörtellage erhärtet ist, dieses Abgleiten, nach meiner Erfahrung, erst bey 70 bis 80° geschieht, welches bey frischem Mörtel, nach der Erfahrung Einiger, bereits bey 34 bis 36 Grad statt finden soll. Man sieht daher, wie zweckmäfsig die Maafsregel ist: den Mörtel in der zuletzt gelegten Gewölbstein-Reihe erst anziehn zu lassen, welches gewöhnlich sechs Tage Zeit erfordert, bis man wieder eine zweyte Reihe legt. Mit der gröfsten Sicherheit würde man also noch verfahren, wenn das Lehrgerüste erst daselbst anfienge, wo eine Gewölbstein-Reihe unter dem 60ten Grade liegt: wenn nämlich der Mörtel in den untern Lagen erhärtet ist, und wo die untere Gewölbstein-Reihe etwas unterstützt wird. Daher haben auch die Römer bey ihren vollen Kreisgewölben, einen Stein vorstehen lassen, und auf denselben das Lehrgerüst gesetzt; Beyspiele hievon habe ich bey dem Aquäduct du Gard und der Brücke Cestius zu Rom angeführt; Werke, bey denen die als Unterstützungspuncte des Lehrgerüstes dienenden Steine, unter der Neigung von 25 bis 28 Grad liegen. Bey der Beschreibung der letztern Brücke habe ich bemerkt, dafs diese Steine, zur Verhütung eines Bruches, noch unterstützt waren. Diese Einrichtung entzieht nun das Lehrgerüste dem Hochgewässer; sie verdiente daher, vorzüglich bey vollen Kreisgewölben, nachgeahmt zu werden; wenn man nicht dabey eine Vorkehrung gegen den Umstand treffen müfste, dafs sich durch diese Einrichtung die Gewölbfugen in der Innern-Gewölbfläche mehr, (wie bey den Angelehnten-Lehrgerüsten) im Scheitel des Gewölbes, schliefsen, weil in dem Verhältnifs, in welchen die Last der Gewölbstein-Lagen zunimmt, diese auf das untere Ende des letztern ruhenden Steines, worauf das Lehrgerüste aufliegt, um so stärker drückt, folglich die obern Theile der Gewölbsteine gegen den Scheitel des Gewölbes zu getrieben werden; daher müssen die Fugen unten noch weiter werden, als bey unsre Art, nach welcher wir die Lehrgerüste auf die von dem Gewölbe abgesonderten Stützen stellen. Dies ist vielleicht die Ursache,

dafs man diese vortreffliche Methode, späterhin selten angewendet hat, und man wird die daraus entstehenden Pressungen der Gewölbsteine durch Aufführung einer Mauer, oberhalb dem Gewölbe, verhindern können.

§. 408. Bevor ich nun diejenigen Maximen, nach denen bey Construirung der Lehrgerüste zu Brückengewölben, verfahren werden mufs, erörtere, will ich einige Gerüste der Art, welche entweder wirklich angewendet worden, oder von Ingenieurs vorgeschlagen sind, und die mir für die Ausübung zweckmäfsig zu seyn scheinen, beschreiben. 1) Hat *Perronet* in seinen Oeuvres, zu den kleinen Bogen von 12, 18, 24, 36 u. 48′ Spannweite, die auf T. 130. in F. 34. u. 39; 29. u. 40; u. 35; 32; u. 31. gezeichneten Constructionen einer Gerüst-Rippe, bestimmt. 2) Die in F. 38. gezeichnete Rippe ist von *Pitot* in den Memoiren der Pariser-Akademie, von 1726, für einen Bogen von 58 Schuh Oeffnung angegeben; sie ist zum Lehrgerüste der Brücke von *Afsise*, nahe bey *Tours* und zum sechszig Schuh weiten Hauptbogen der Brücke von *Cher*, dessen Dicke, im Schlufs, drey Fufs beträgt, gebraucht worden, welches der in Fig. 42. gezeichneten Rippe ähnlich ist; eine Construction, welche bey Aufführung der Seitenbogen eben dieser Brücke, zum Gerüste gedient hat. Dabey wurden die Rippen auf sechs Schuh Abstand gestellt, welches bey den mehresten Lehrgerüsten angenommen ist. 3) Die in Fig. 26. gezeichnete Abtheilung oder Rippe eines Lehrgerüstes zu einem neunzig Schuh weiten Bogen hat Spreng- oder sehr flach liegende Polygon-Streben, es mufste defswegen mit den Pfählen *p p* unterstützt werden, um dem Druck des Gewölbes das Gleichgewicht zu halten. 4) In dieser Hinsicht ist bey dem in Fig. 7. u. 22. gezeichneten Lehrgerüste, zu den sechszig Schuh grofsen Bogen der Brücke von *Moulins* §. 316., äufserst sicher verfahren worden, indem man, jede Rippe, über gemauerte Unterlager auf 3 lothrechte Ständer oder Stützen *D* legte, diese mit den Riegeln *E* und *F* verband, und von denselben Stützstreben abgehen liefs. Diese Construction ist aber bey solchen Flüssen, welche öfters steigen und viel Treibholz führen, gar nicht anzurathen, weil sie dem Strom zu viele Hindernisse darbietet; auch ist sie zu solchen nicht grofsen Bogen übertrieben stark, daher unnütz kostbar.

Zu den merkwürdigsten *Angelehnten-Lehrgerüsten* können folgende gezählt werden: 1) das bey dem mittlern sechszig Schuh weiten Bogen der Brücke von *Cravant* (Tab. 130.); dessen in Fig. 9. Tab. 132. gezeichneten Rippen sind auf sechs Schuh Abstand gestellt und mit den Schwellen *E E* in Verbindung gebracht; Gerüste, welche über die auf Stützstreben *A* ruhenden Kronschwellen *B* gesetzt waren, und die ferner aus 15 bis 18 Schuh langen, 8 bis 9 Zoll starken Sprengstreben *C* und den Hängesäulen *D* bestanden. Die Höhe der Lagehölzer *F* betrug 4 bis 5 Zoll, die Dicke des Gewölbes aber vier Schuh. 2) Zu dem neunzig Schuh weiten Bogen der *St. Edme* Brücke von *Nogent sur Seine* dienten fünf solche Gerüstrippen, wie deren eine in der 12ten Figur Tab. 132. gezeichnet ist, und die auf den Abstand (von Mitte zu Mitte) von sechs Schuh angebracht waren. Jede dieser fünf Rippen war mit den

Hauptschwellen *E E* zu einem vollständigen Gerüste verbunden, und bestand, der Höhe nach, aus vier Lagen Sprengstreben *c*; die 14 bis 10″ starken nach den Mittelpuncten des Bogens gerichteten Hängesäulen standen auf 7 bis zehn Schuh Entfernung. Die unterste Sprengstrebe *c* hatte man in die Stülze *A* eingelassen, welches nachgeahmt zu werden verdient; auf den Rippen waren, nach der Bogenform, behauene Hölzer gelegt. Dieses aus Eichenholz bestandene Lehrgerüste, dem man nur drey Zoll mehr Bogenhöhe gegeben hatte, als es nach dessen erfolgten Setzen haben sollte, wurde, als die funfzehnte Gewölbsteinlage zu beyden Seiten aufgesetzt war, und die ⅞ der Oeffnung beträgt, in der Mitte mit 3500 Centner Steine beschwert und unter dieser Last bog es sich zwey Zoll. Nach Aufbringung der 20sten Gewölbsteinlage gab es sich wieder einen Zoll aufwärts, indem sich die Gewölbschenkel etwas platt drückten. Als das Gewölbe bis zu ¾ aufgeführt war, setzte sich das Lehrgerüste, durch die bloſse Zusammenpressung dessen Holzfibern, sechs Linien und endlich drey Linien, unter der vollen Last des Bogens; welche 12450 Centner betrug. 3) Wie eine der Gerüstrippen von den zwey und siebenzig Schuh weiten Bogen der Brücke von *Maixence* construirt war, sieht man aus dem auf Tab. 131. gezeichneten Aufriſs dieser Brücke. Das Lehrgerüst hatte man an Stützen, die sich an die Brückenpfeiler stemmten, angelehnt, und hierdurch dessen Stabilität bewirkt. 4) Zu den Ein hundert zwanzig Schuh weiten und fünf Fuſs dicken Bogen der Brücke von Neuilli (T. 118.) dienten acht angelehnte Lehr-Gerüstrippen *); Perronet bemerkt jedoch: daſs es besser gewesen wäre, wenn man deren neune gebraucht hätte. Zur Vermehrung ihrer Stabilität oder Tragkraft waren noch die Gegenstreben *x x* Fig. 45., 46. und 50. (T. 130.) angebracht. Die 10 bis 13 Schuh langen und 9 bis 15 Schuh starken Hängesäulen *d d* wurden auf 7 bis 9′ Abstand und mit Ausnahme der zwo Hängesäulen *d d*, nach den Radien des Bogens gerichtet. Die Lagerhölzer *t* Fig. 43. waren 7 bis 8″ stark, und von den darüber und darunter liegenden Keilen betrug die Dicke 2 bis 7 Zoll.

*) Sie sind von oben anzusehen, wie sie in Fig. 50. Tab. 130. gezeichnet sind. Fig. 43. ist der Aufriſs einer Rippe; Fig. 44. zeigt die beyden Hölzer einer der fünf Hauptverbindungs-Schwellen *e. e.* welche mit sieben Schrauben zusammengezogen wurden und *g. g.* sind die Bundschwellen oder Querspann-Riegel. Auf den obern Sprengstreben *c* liegen 12 bogenförmig zugehauene Hölzer *v. v.* Fig. 45. ist der Seitenaufriſs von vier Gerüstrippen und Fig. 46. ein vor denselben genommener Schnitt; Fig. 47. zeigt, wie die Sprengstreben *cc* in die Hängesäulen *dd* eingelassen sind; Fig. 48. giebt eine anschauliche Darstellung von der Verbindung der Strengstreben *c* und der Stützstreben *a*, so wie der Stützen *ab*; in Fig. 49. ist ein Theil der zwo Seiten-Gerüst-Rippen gezeichnet, welche, des flächern Stirnbogens wegen, kleinere Stützen *z* haben, über welche ein nach der Bogenform behauener Balken *y* liegt. Dieses mit neun Hauptverbindungs-Schwellen *ee* Fig. 50. zu einem Ganzen vereinigte Lehrgerüst ist auf Tab. 118., in zwey perspectivischen Zeichnungen, deutlich dargestellt.

Da die in der 43. Figur punctirten zwo Pfahlreihen den Leser veranlassen könnten, solche für Stützen des Gerüstes zu halten, so bemerke ich, daſs sie nur Transportgerüste trugen und zu beyden Seiten des Bogens ähnliche Pfahlgerüste angebracht waren.

So wie sich das Gerüst setzte, vermehrte man die obern Lagerkeile, denn sonst würde, zwischen dem eigentlichen Bogen des Lehrgerüstes und dem Gewölbe, ein Raum von 24 Zoll entstanden seyn, welchen man zu 18 Zoll vorausgesetzt hatte; um so viel überstieg auch das Lehrgerüst die Bogenhöhe. Das Gerüste eines Bogens enthielt 13356 Cubikfuſs Holz, welches für die fünf Bögen 66780 Cubikfuſs beträgt, wobey die Lagerhölzer und Keile nicht gerechnet sind. Bey jedem Gerüste wurden 323 acht Zoll dicke Schrauben, zu 20 Pfund, gebraucht, die also ein Gewicht von 32300 Pfunden ausmachten. Die Köpfe dieser Schrauben waren viereckig und in die Hölzer eingelassen; an der entgegengesetzten Seite waren ihre Muttern angebracht. Endlich wurden die obern krumgehauenen Bogenhölzer *v* (Fig. 43.), mit 470 starken eisernen 2 Pfund wiegenden Nägeln, auf die Streben befestiget, so daſs sie zusammen in allen 5 Bogen 4708 Pfund wogen. Die Stärke dieses aus Eichenholz gemachten Lehrgerüstes ist dadurch bewiesen, daſs man den Gipfel eines Bogengerüstes mit 186 Gewölbsteine, d. i. mit 9300 Centner beschwerte, während zu jeder Seite des Bogens 46 Reihen der Gewölbsteine gelegt waren, und sich das Lehrgerüste nur 19 Linien setzte. Bey Auflegung der letzten zwanzig Reihen der Gewölbsteine, als die gesammte Last 24000 Centner ausmachte, mithin auf jede Gerüstrippe ein Druck von 3000 Centner entstand, betrug das Setzen des Lehrgerüstes dreyzehn Zoll drey Linien. Diese Beobachtungen geben also einen Beweis von der groſsen Tragkraft des bey der Brücke von *Neuilly* gebrauchten Gerüstes. 5) Das Lehrgerüst der Brücke von *Mantes* Tab. 125. Fig. 14. bis 26. ist beynahe eben so als das zur Brücke von *Neuilly* construirt, und bey beyden Brücken wog der Cubikfuſs Stein beyläufig 165 Pfund. Eine Rippe bestand gleichfalls aus vier, über einander angebrachten Lagen von Sprengstreben, von 14 bis 15 Zoll Stärke; eben so stark waren die Hängesäulen. Die Gegenstreben oder Windruthen waren 9 bis 10 und die Lagerhölzer 7 bis 8; die Stützstreben 16 bis 19 Zoll im Viereck. Die letztern setzte man vermittelst Zapfen in die Schwellen der Fundation und deckte sie oben mit einer Kronschwelle und in diese Streben wurden die Endestreben eingesetzt. Das Lehrgerüst des mittlern 120 Schuh weiten Bogens, wurde, der von dem Druck des Gewölbes zu erwartenden Senkung wegen, 12 Zoll, die Gerüste der Seitenbögen 9 Zoll höher gemacht, als die Bogenlinie des Gewölbes es erheischte; zwischen diesem und dem Gerüste lieſs man einen Raum von 18 Zoll, für die Lagerhölzer und für die Unterlager. 6) Bey der Brücke von Orléans (Tab. 127.) wurden zu den neun Bogen, nur drey aus sieben Rippen bestehenden Lehrgerüste, nach und nach, gebraucht; also muſsten die Pfeiler dem Druck der Gewölbe widerstehen. Von diesen Lehrgerüsten ist die Hälfte einer Rippe in der 51. u. 52. Fig. Tab. 130. dargestellt. Anfänglich bestand eine solche Rippe, von der Mitte des Gewölbes bis zum Pfeiler, nur aus einigen Stützstreben oder Sprengstreben *a* und *c* Fig. 52., den vier Hauptsäulen *d*, der Stützsäule *p*, dem Sprengwerke *f. g*, den Verbindungsschwellen *e e*, welche die Rippen umschlossen, den Tragschwellen *h* und den

Krummhölzern *i*, auf denen man die Lagerkeile und Lagerbalken *t* legte. Der verticale Stand des Lehrgerüstes wurde vorzüglich vermittelst der Stützstreben erhalten; auch vereinigte man die Rippen mit doppelten Verbindungs-Schwellen unter einander, zu einem Ganzen. Als man zu beyden Seiten eines Bogens die 19te Gewölbsteinreihe aufgesetzt hatte, wurde der Gipfel des Lehrgerüstes mit 123 Gewölbsteinen beschwert, welche eine Last von 1700 Centner betrugen. Der erste Bogen war in Arbeit, als dieses Gerüst sich schon so stark setzte, daſs man genöthigt war, noch die Stützstreben *b* den Spannriegel *B* (Fig. 52.) und die Gegenstreben *l m* (Fig. 51.), so wie die Kreutzstreben *o o* anzubringen. Zu jeder Rippe sind 7536 Cubikschuh Bauholz gebraucht worden. Ein Lagerholz *t* war 46′ 6″ lang und 9 Zoll im Quadrat stark. Die Rippen waren, ohngeachtet ihrer anfänglichen Schwäche, nur sieben Schuh, von Mitte zu Mitte, entfernt worden, welches, so wie die ursprüngliche Construction des Gerüstes, etwas gewagt war. Fast sollte man vermuthen: daſs man bey derselben die von *Lorgna* in seiner *saggi di statica e mecanica applicate alle arti* vorgeschlagene Construction eines Lehrgerüstes, hätte befolgen wollen, um zu zeigen, wie wenig sie *in* der Ausübung anwendbar sey, und daſs man sich auf die späterhin gemachte Verstärkung verlieſs, die immer noch angewendet werden konnte, mit der ich mich aber nicht begnügt, sondern in der Mitte eine Unterstützung angebracht haben würde, wodurch man die Bewegung, welche der Bogen während seiner Aufführung annahm, gröſstentheils vermieden haben würde. 6) Von dem Lehrgerüste der *Blackfriars*-Brücke zu London war eine Rippe so construirt, wie es die 23ste Figur der 130sten Kupfertafel zeigt. Es bestand aus sechs Hangesäulen *i g*; zwey Spannstreben *K*, drey Paar Verbindungsschwellen und sechs Stützstreben *s*, welche in bogenförmig behauenen Hölzern *V* eingelassen waren, und von denen drey in eine aus drey Hölzern bestandene Stützschwelle *f* gesetzt wurden, von denen das mittlere Krummholz durch Verzahnungen, von den Aeussern, eingeschlossen war. Diese Schwellen ruhten auf drey Stützen *c*, welche man auf die Steinlage *a* und *b*, d. i. auf die Umgebung des Pfeilers gesetzt hatte. 8) Wie das fächerartige Lehrgerüste zur Wiederaufmauerung einiger Bogen der Brücke von *Tours* construirt werden sollte, zeigt die VI. und VII. Figur der 132. Kupfertafel. Auf ein Gemäuer, welches man wahrscheinlich aus den Ruinen eines eingestürzten Bogens aufzuführen gedachte, ist eine Grundschwelle gelegt, und gegen diese liegen starke Hölzer *m*, in denen drey Stützstreben gesetzt sind. Die auf das Gemäuer gesetzte lothrechte Stütze ist mit dem Spannriegel *b* verbunden, welcher auch über die vom Pfeiler aus abgehende Sprengstrebe liegt, und selbst mit dem Bogenholze verbunden ist. Die Construction dieses Gerüstes verdient als ein Muster zu gröſsern Bogen, als zu denen von Tours, die nur 75 ¾ Schuh weit sind, angewendet oder nachgeahmt zu werden, weil damit eine vollkommene Steifigkeit bezweckt werden kann. Anstatt der mittlern dünnen Trag-Mauer, ramme man jedoch ein Pfahljoch ein: denn die Steine lassen sich späterhin,

ohne grofse Kosten, nicht aus dem Flusse heraus bringen. 9) Das bey der Brücke von Chateau-Thierry gebrauchte Lehrgerüste ist in der 16ten Figur der 127. Kupfertafel gezeichnet. 10) Zu den festesten Lehrgerüsten mufs dasjenige, welches der Ingenieur la Mandé bey der zu Paris aufgeführten Brücke, die man die Brücke von Jena nennt, angewendet hat, gezählt werden. Davon ist die Hälfte einer Rippe mit ihren Stütz-Verbindungen in der 21sten Figur der 130. Kupfertafel dargestellt. Sie besteht aus einem Pfahl-Joch *A B*, welches mittelst den Quer-Gurtungen *D D*, mit dem zweyten Joch der Art verbunden ist. An jedem Joche sind zwey Längengurtungen *G* und *B* angebracht, an die sich, zwischen den zwo Jochen, die angebrachten Streben *c c* stützen. Die eigentliche Rippe wird nun von drey Reihen Sprengstreben *c c c* gebildet, die in Hangesäulen *d* eingelassen, und gegen eine lothrechte Säule *f* angelehnt sind. Mit den Verbindungsschwellen *e e* hat man alle Rippen dieses Bogengerüstes unter einander zu einem Ganzen vereinigt.

§. 409. Die Bedingnisse, welchen alle Lehrgerüste der Brücken-Gewölbe entsprechen müssen, sind folgende. 1) Sollen sie das Gewölbe zu tragen im Stande seyn, ohne sich auf eine für die Form des Gewölbes nachtheilige Art zu setzen. *) 2) Dürfen sie weder von den Hochgewässern noch Eisgängen dergestalt beschädigt werden, dafs sie diesen Zweck nicht erfüllen. Dann müssen sie 3) ihre lothrechte Stellung behalten. 4) Mufs ihr Rücken vollkommen denjenigen Bogen, welchen man der untern Gewölb-Fläche zu geben willens ist, bilden, wenn man zuvor das Setzen des Lehrgerüstes und des Gewölbes zugegeben hat; worüber die Erfahrung allein Rath ertheilt: so rechnete z. B. Perronet dafs sich das Lehrgerüste der Brücke von Neuilly, zwölf Zoll und die Gewölbe (nach ihren Schlufs) sechs Zoll setzen würden. Bey der Brücke von *Mantes* (Perronet pag. 139.) wurden für das Setzen 9 Zoll, und 18 Zoll für die Unterlager gerechnet, so dafs oberhalb dem Gerüste ein Raum von 27 Zoll entstand. Endlich sollen 5) die Lehrgerüste mit der möglichsten Oeconomie errichtet werden, folglich die dazu gebrauchten Bauhölzer späterhin zu andern Bauten anwendbar bleiben.

Zur Erreichung der ersten Bedingung wird man zum sichersten gelangen, wenn man die Rippen eines Lehrgerüstes aus gekrümmten Balken bestehen läfst, d. i. solches nach meiner Construction der Bogenbrücken anordnet und alle Rippen eines Bogens auf ein Pfahljoch oder auf zwey bis drey eingerammten Pfahlreihen (Joche), stellt; im letztern Fall werden in der Mitte des Bogens ein und in den beyden Schenkeln zwey Joche, so wie Spannriegel und Stützstreben angebracht. Mehrere Joche bieten indessen dem Strom zu viele Angriffspuncte dar, und stauen denselben auf; erfordern

*) Man hat mehrere Beyspiele, dafs die Lehrgerüste unter der Last des ungeschlossenen Gewölbes gebrochen sind, wie z. B. bey der über den Taaf-Flufs in England und bey Orneson in Frankreich aufgeführten Brücken. Belidor führt §. 1176 bestimmt an, dafs das Lehrgerüst bey der letzten Brücke vor dem bewirkten Schlufs des Gewölbes einstürzte.

vieles Bauholz, von dem wenig zu andern Bauten brauchbar ist, und einen bedeutenden Arbeitslohn. Man lasse daher nur in der Mitte, (wenn der Gewölb-Bogen nicht die Weite von 120 Schuh übersteigt) eine Pfahlreihe einrammen, nicht sowohl um den Gipfel des Lehrgerüstes zu unterstützen, welches nicht nöthig seyn würde, weil derselbe, während man die Gewölbsteine von den Widerlagern nach dem Gipfel des Bogens zu, legt, in dem Verhältnisse empor steigt, als die Schenkel des Gerüstes abwärts gedruckt werden, sondern um der dritten Bedingung zu entsprechen, das ist, die Vertical-Ebene des Lehrgerüstes zu erhalten. An diesem Joche lehne man (dessen Quere nach) einen starken Spannriegel *m m* (Fig. 53. Tab. 130.), welcher die Bogenrippe auseinander spannt, daher vorzüglich ihre Steifigkeit, also auch ihre Tragkraft bewirkt. In dieser Absicht stemme man diesen auf zwey Gurtungen *d d* liegenden Riegel gegen den untern Theil und der Verbindungsschwelle *a* einer Bogen-Rippe an. Damit derselbe in seiner Mitte *e*, wo eine Tragsäule *g* darauf steht, nicht durchgebogen werde, so wähle man zwey Zugstreben *B e*, und befestige dieselbe sowohl an die Rippe *D B C* als an den Spann-Riegel *m m*, und zwar vermittelst $1\frac{1}{2}$ zölligen eisernen Schrauben. Da auf diese Weise dem Spann-Riegel eine vollkommene Steifigkeit gegeben ist, so kann er die Stützen *f*, *g*, *h*, der Bogen-Rippe *D B C*, tragen, und alle diejenigen Tragpuncte dieser Rippe, welche vorzüglich einen Druck von dem Gewölbe leiden, sind so vollkommen unterstützt: dafs das Lehrgerüst sich nicht setzen kann. Damit dasselbe eine durchaus vollkommene Stabilität erhalte, und sein Gipfel *B* nicht aufwärts gedrückt werde, so lasse man die daselbst durch die drey Curven gehenden, 18 Linien starke Schraube, in den Jochpfahl ein, nachdem sie durch die darüber gelegte Verbindungsschwelle gezogen ist; gebe dieser Schraube unten eine Oeffnung, und stecke durch ein in den Pfahl *G* gebohrtes Loch und durch dieselbe, einen eisernen Rundnagel. Die Rippe *D B C* werde aus drey gekrümmten in die Stützsäulen *D* und *O* eingesetzten Balken (Curven) gebildet. Ferner lasse man in der obern Curve die Schrauben *a b* so weit mit ihren Köpfen ein, damit für die untern Lagerklötze ein ebenes Unterlager entsteht. Nach dieser Construction stelle man die Jochpfähle auf sechs bis acht Schuh Abstand, so dafs ein Pfahl unter eine Bogen-Rippe trift; ramme auch an den Enden eines Joches zwey Schrägpfähle *H* (Fig. 54.), um das Joch gegen den Anfall des Stromes und Eisganges zu sichern, so wie dessen Widerstand zu vermehren. Endlich wird noch bemerkt: dafs man die so eingerichteten, wo möglich, aus Kiefern- oder Lerchenholz zumachenden Bogen-Rippen, auf sechs bis acht Fufs Entfernung nabringen müsse.

Dieses Lehrgerüst, dessen Construction mit Hülfe dieser Beschreibung und der auf Tab. 130. in Fig. 53. und 54. dargestellten Zeichnungen erklärt ist, gibt dem Gewölbe ein vollkommen sicheres Unterlager, ist den Hochgewässern entzogen, indem der Haupt-Spannriegel *m m* oberhalb demselben liegt; es behält stets, vermöge der Joche, eine lothrechte Stellung, und mit dessen Curven, Verbindungs-

schwellen, Schrauben, Stützsäulen, Gurtungen, Spann-Riegel und Zugstreben, kann man zuerst ein Lehrgerüst, und nach Aufführung der steinernen Brücke, nicht nur eine, sondern zwey hölzerne Bogenbrücken errichten. Diese Construction entspricht daher allen Bedingungen, die wir zur Verfertigung eines Lehrgerüstes aufgestellt haben. Deswegen bin ich auch Willens: dasselbe bey der im Bau begriffenen Brücke zu München (Tab. 133.) in Anwendung zu bringen. Man kann dasselbe bey Bögen bis zu 120 Schuh Weite anwenden; bey Oeffnungen von 100 Schuh aber die Rippen auf sieben Schuh, bey 120′ nur auf sechs Schuh entfernen; bey diesem letztern grofsen Bogen lasse man die Rippen aus zwey Curvenlagen neben einander bestehen, und setze zwischen denselben Windruthen, die sich gegen die an die Rippen gestellten Stützklötze anstemmen; bey noch gröfsern Bogen ramme man aber drey Reihen von hölzernen Jochen ein. Diese Construction wird nun der mit meinen hölzernen Bogenbrücken vertraute Ingenieur leicht entwerfen, wenn ihm die Gelegenheit entsteht: steinerne Brückengewölbe auszuführen.

Die dritte Bedingung, zur Errichtung der Lehrgerüste, wird man aber nicht allein mit Anbringung eines Joches, bey meiner Construction, erfüllen können, sondern auch noch durch Einziehung der Windruthen oder Gegenstreben, zwischen je zwo Bogen-Rippen und den Verbindungsschwellen, und die vierte kann mit der von mir vorgeschlagenen Construction nicht aber mit den bis jetzt bekannten Lehrgerüsten erreicht werden: denn diese erfordern eine Menge kurzer Baustücke, die man nicht bey andern Bauten mit Vortheil verwenden kann, und welche immer so zusammen stossen sollten, dafs ihre Fugenschnitte senkrecht auf ihre Längenseite gehen, um mit dem Hirnholz dem Druck möglichst zu widerstehen.

Bey den Spannstreben räth Perronet p. 95. an: ihre in die Hängesäulen eingehenden Enden nach einem ihrer Längen gleichen Halbmesser beschriebenen Kreisstück abzurunden. Bey der Stellung der Stützstreben suche man sich dem Grundsatze zu nähern: dafs die Trag- und Spannkraft des Holzes zum gröfsten ist, wenn dessen Fibern direkte der Richtung der Last entgegen stehen; man lege daher die Stützstreben eines Polygon-Gerüstes nicht flächer als unter einem Winkel von 30°, bey welchem sie noch einen hinreichenden Widerstand ausüben, wiewohl die Stellung unter einem Winkel von 28 Grad der vortheilhafteste ist. Von einem in der Mitte des Gerüstes angebrachten Joche mögen die Stützstreben nach dem Halbmesser eines vollen Kreis-Gewölbes stehen. Ich will über das letztere das von Perronet in seinen Oeuvres gelieferte Verfahren mit aufnehmen, und mich auf die 25ste Figur der 130sten Kupfertafel beziehen. Er sagt: „wenn man durch den Schwerpunct *F* eines Theils des Gewölbes *B C D E* die lothrechte Linie *J G* zieht, die bey *J* durch den Punct der Linie *H J* geschnitten ist, wenn man ferner den Kreis *Y Z*, der durch die Schwerpuncte aller Gewölbsteine, die hier als unendlich klein angenommen werden, gebildet ist, beschreibt, und das Kräften-Parellogram *N L J S*, dessen Seite *J M* nach den

Mittelpunct *A* gerichtet ist, der Punct *N* aber in irgend einem Punct der Verticale *J G* angenommen ist: so drückt die Diagonale *J N* die Schwere des Gewölbtheiles *B C E D*, die Seite *J L* diejenige Wirkung, welche derselbe auf die untern Gewölbsteine *B C T V* ausübt, und *J S* den Theil, welcher das Lehrgerüst nach der Richtung des Halbmessers *A J* beschwert, aus. Eben so wird es nun für die andern Theile des Gewölbes seyn. Nach diesem Grundsatze ist das in Fig. 42. Tab. 130. gezeichnete Gerüst zu den Seitenbögen der Brücke von Cher construirt. Bey den Lehrgerüsten mit Spann-Riegel *m m* wird, wenn der Theil der Gewölbsteine, welcher das Lehrgerüste beschwert, *B C D E* Fig. 25. ist, ausgedrückt durch den Halbmesser *A M*, und wenn man diese Kraft in zwey Kräfte, nämlich in die horizontale *M P*, und in die verticale *M O* zerlegt, so wird jede dieser Linien die Kraft ausdrücken, welche man dem den Widerstand zu leistenden Holze geben mufs, und diese Kräfte werden miteinander das eigentliche Gewicht des Gewölbtheiles seyn. Das Stück *M P*, so wie die übrigen ähnlichen und verlängerten, finden in dem entgegen gesetzten Theile des Gewölbes ihre Stützpuncte; die verticalen Stützen als *M O* müfsten aber zum Tragen der Last angebracht werden. Da dieselben den Durchgang des Wassers hindern, so bringt man Schrägstützen, etwa nach der Linie *T M* an.“ In dieser Hinsicht giebt Perronet den Angelehnten-Gerüsten den Vorzug vor den mit lothrechten Stützen versehenen. „Gewöhnlich werden die horizontalen Balken (Spann-Riegel) *m P M* auf der Höhe des Gewölbes von 45 Grad angebracht, um in diesem schwächsten Ort das Gewölbe zu halten. Da man aber einige an verschiedenen Orten nöthig hat, um die Gewölbsteine des obern Theils in χ *M* in *a c* und *a b* zu tragen, so ist die Anbringung eines Spann-Riegels zweckmäfsiger, welchen man aus zwey aufeinander geschifteten Balken bestehen lassen kann; wo alsdann die übrigen Gewölbsteine durch Spannstreben *m* χ, *M* χ, welche in der Hängesäule χ *P* zusammen stofsen. Wenn man nun die Stützstreben *T M* und Sprengstreben *M* χ aus zwey Balken bestehen läfst, wie es in Fig. 42. angedeutet ist, und kleine Stützen *a* hinzufügt, das Ganze mit Schrauben verbindet, so entsteht die in dieser Figur gezeichnete Gerüstrippe.“

Perronet giebt nun ferner folgende Regel: die obern krumm gehauenen Hölzer *c c*, welche die Unterlager des Gewölbes tragen, aus so langen Hölzern als möglich bestehen zu lassen, um ihre Tragkraft zu vermehren, und allen Bauhölzern eines Lehrgerüstes wenig Einschnitte, Verzahnungen und Zapfenlöcher zu geben, um sie nicht zu schwächen; zu Verbindung des Ganzen hält er die Anbringung der Windruthen (zwischen den Rippen) sehr nützlich, und diefs sind sie auch in der That, denn sie vermehren, vermöge der von denselben bewirkten Spannung, die Stabilität oder Tragkraft der Lehrgerüste.

§. 410. Aus diesem Vorgetragenen und den im 3. Kapitel über die Tragkraft der Curven angeführten Versuchen geht demnach hervor: dafs die von mir entworfene Construction der Lehrgerüste Fig. 53. und 54. Tab. 130., welche ich im §. 409.

beschrieben habe, vollkommen dem Druck des Gewölbes widerstehen könne. Ja! daſs der aus drey Curven übereinander bestehende, und alle sechs Fuſs unter dem Gewölbe zu wiederholende hölzerne Bogen *ABC* schon allein hinreichend sey, die Last des Gewölbes zu tragen. Nun wird derselbe aber noch durch den Spannriegel *mm*, die Hängesäulen *Be*, *Be*, den Stützen *g* und *h*, und den Stützstreben *ff*, so wie von den Windruthen, ganz ausserordentlich verstärkt, welche Theile, wie ich bey der Erklärung der Construction gezeigt habe, ihre Lage nicht verändern können; daher zur Stabilität oder Tragkraft des Lehrgerüstes wesentlich beytragen. Die aus dieser neuen Construction der Lehrgerüste resultirenden Vortheile sind folgende: 1) Kann sich dieses Lehrgerüste (Fig. 53.) in den Schenkeln um so weniger setzen, als seine Mitte *B* vor dem Joche und dem Rundnagel *a* unveränderlich gehalten wird, denn die mittlere Verbindungsschwelle *a* wird von dem Pfahljoche festgehalten, und die schwächsten Theile der Gewölbschenkel sind mit dem Spannriegel *m m* auseinander gehalten, und gehörig unterstützt; alle Theile des Lehrgerüstes sind daher unveränderlich. 2) Bleibt bey groſsen Bögen, wozu ich diese Art Lehrgerüste vorzüglich bestimme, fast die Hälfte der Bogenöffnung für den Durchgang des Flusses frey. 3) Muſs das Lehrgerüst seine lothrechte Stellung durch die Anbringung des Joches und der Windruthen behalten. 4) Kann man nach Vollendung des Gewölbes mit den sechs Rippen, zwey hölzerne Bogen, einer nach meiner Construction fluſsabwärts anzulegenden Brücke verfertigen, dazu auch die Spannriegel und Stützstreben verwenden, und endlich werden groſse Summen dadurch erspart, daſs man zu dieser Art von Lehrgerüsten nur die Spannriegel *m m* und die Stützstreben aus Eichenholz, alles übrige aber aus Lerchen-, Kiefern- oder Fichtenholz bestehen lassen kann, wo man bisher, die zu groſsen Brücken-Bogen erforderlichen Gerüste nur aus Eichenholz verfertigen konnte. Auch kann man zu einer nach meiner Construction zu erbauenden Bogenbrücke die Schrauben des Lehrgerüstes verwenden. So kostet also ein Lehrgerüst dieser Art nur dessen Errichtung, das Einrammen des Stützjoches, und die Unterlagklötze: denn selbst die Unterlagbalken werden zu meinen Bogenbrücken angewendet. Ich schmeichle mir daher: mit dieser Construction, wesentlich zur Beförderung des Baues steinerner Brücken, beygetragen zu haben.

§. 411. Bey einen sehr groſsen Bogen von 200 Schuh wird man genöthigt seyn, das Lehrgerüst mit einem steinernen Pfeiler zu unterstützen, und bey noch gröſsern Bögen mit zwey bis 3 Pfeiler, welches man bereits bey weit kleinern Bögen der Brücken von Lavaur und Gignac gethan hat, wie dieſs bey der Beschreibung dieser Brücken angeführt ist. Eine Methode, die aber Perronet bey Bögen von 150 Fuſs Oeffnung mit Recht für unnöthig hält; er räth nämlich: die Lehrgerüste dazu mit 3 Pfahlreihen (auf 10′ Abstand) eine Reihe in der Mitte angebracht, zu unterstützen, welches er bey der von ihm entworfenen Brücke von Melun, zu thun Willens war; worüber man in seinen Oeuvres p. 333. nachsehen kann. In dessen Memoire sur la recher-

che etc. 1793 giebt er das mit 100 bis 200 Fuſs hohen und auf 50 bis 100 Fuſs Abstand gestellten steinernen Stütz-Pfeilern zu einem Bogen von fünfhundert Schuh Weite bestimmte Lehrgerüst an, worin die Gerüstrippen auf 5 Fuſs 3 Zoll Abstand (von Mitte zu Mitte) gestellt werden sollten.

§. 412. *Die Ausführung der steinernen Brücken* erfordert allgemeine Vorschriften, weil von ihrer zweckmäſsigen Behandlung sowohl die Oeconomie und die sorgfältige Vollendung, das ist die Schönheit, als auch die Dauer der Brücke, abhängt. 1) Nachdem der Ingenieur den Fluſs in hydrometrischer Hinsicht I. B. S. 131. untersucht, und die gesammte Weite der Brücken-Bögen bestimmt, den Grund erforscht, auch die Anzahl, Höhe und Figur der Bogen, so wie die Stärke der Pfeiler und Widerlager, und endlich die Breite der Brücke festgesetzt, folglich den ganzen Entwurf, in Beziehung auf die vorgetragenen Maximen, nach einem groſsen Maaſsstabe, gemacht, und einen Bauanschlag berechnet hat: so muſs der nöthige Fond, nach Maaſsgabe der Zeit, in welcher das Werk aufgeführt werden soll, angewiesen werden. Niemals wird derselbe bey einer klugen und ökonomischen Verwaltung stocken: denn jede Versagung der Mittel, während des Baues, verursacht begreiflich, gröſsere Ausgaben, zuweilen *bedeutende*, und eine unnütze Verzögerung der Ausführung. *) Man muſs bey einer Unterbrechung der Arbeiten, welche öfters durch den Neid der Intriganten oder durch die Inconsequenz der Gewalthaber, entsteht, die beſste Jahreszeit zum Bau, zur Gewinnung der Materialien und ihrem Transport, unnützer Weise verstreichen lassen; beym Geldmangel entfernen sich die beſsten Arbeiter; das Bauholz verdirbt, der Fluſs schwellt an, verhindert und vertheuert die Rüstungen so wie die Fundationen; die Hochgewässer nehmen die erstern so wie die Lehrbogen fort, hemmen die Arbeiten, und so muſs der Ingenieur Tausende anwenden, um den Schwierigkeiten zu begegnen. Ein andermahl wird er, ohngeachtet des aus Geldmangel entbehrten Vorraths an Materialien, gezwungen, die aufgenommenen Arbeiter beyzubehalten, indem sie auf ihren Lohn warten. 2) Ist eine sorgfältige Bauführung und gute Aufsicht nothwendig: man wähle also einen geschickten und thätigen, die Arbeiten dirigirenden Ingenieur, einen Material-Verwalter, der zugleich die Wochenlisten schreibt; einen Werkmeister oder Vorarbeiter für die Zimmerleute, einen andern für die Steinhauer, in jedem groſsen Steinbruche, und einen dritten für das Behauen und Setzen der Steine. Unter den Gesellen muſs eine gute Auswahl getroffen werden; einige von den Zimmerleuten stelle man bey den Ramm-Maschinen; von den Steinhauern, einige als Setzer der Gewölbsteine, an. 3) Muſs für gute Werkzeuge, für sichere und trockne Magazine, ein bequemes Zimmer für

*) Auch ich könnte viele Beyspiele anführen, wo der Neid über die Ausführung groſser Werke, auf krummen Wegen sich einschlich, und die Ausmittlung so wie die Anweisung der Fonds verhinderte; — wo man, sonderbar genug, dennoch den Zweck, d. i. das Ende der Anlagen bald zu erreichen wähnte, ja was thörigt ist, sogar verlangte!

den Ingenieur, für hinreichend grofse Bauplätze, die Arbeiten erleichternden Maschinen, gesundes Holz, harte und grofse Steine, und für die Verfertigung der Lehren zu den Gründungen, die man aus Latten zusammen fügt, und für die zu den Bogen zu gebrauchenden Lehren, gesorgt werden. 4) Errichte man eine Schmiede zur Ausbesserung der Werkzeuge, zur Verfertigung der Geräthschaften und Steinhauer-Werkzeuge und dem Stählen derselben: denn es ist unglaublich, wie viel dadurch erspart wird. Man mufs sonst die Steinhauen weit schicken, und es ist unmöglich, auf alle Kleinigkeiten zu wachen, die Schmiederechnungen fallen übertrieben aus; ja, es wird mehr angeschrieben als geliefert wurde, wenn der Ingenieur auch eine noch so gute Controlle anordnet. 5) Nie lasse man eine Brücke im Verdinge (in Entreprise) bauen, weil dabey nur der Unternehmer gewinnen, aber die Festigkeit des Werkes verlieren kann. 6) Sollten alle Angestellten und Arbeiter gut bezahlt werden. 7) Es herrsche auf dem Bauplatze der Ingenieur unbeschränkt, und werde mit unnützen Schreibereyen und den Geldzahlungen ganz verschont; auch mufs man ihn, der Fonds wegen, nicht, wie einen Supplicanten behandeln, sondern die Regierung mufs ihm die nöthigen Mittel geben, und wenn sie diefs nicht Willens ist, nicht bauen lassen: da Niemand die Zwecke ohne die Mittel erreichen kann! 8) Es mufs eine Polizey unter den Arbeitern statt finden: so habe ich deswegen in Baiern für die Bauarbeiter eine allgemeine Vorschrift festgesetzt, wornach sie sich sowohl als die Baubeamten richten müssen, und die in allen grofsen Baumagazinen angeschlagen ist. 9) Hat der bauführende-Ingenieur, die nächsten Steinbrüche zuerst, dann die entfernten und vorzüglich diejenigen, worin feste Steine gebrochen werden können, zu untersuchen. 10) Sind Versuche über die Tragkraft der Steine anzustellen, um die Auswahl zu den verschiedenen Theilen einer Brücke zu treffen. 11) Müssen von dem Eindringen der Grundpfähle, Beobachtungen, die man in eine Tabelle zusammen stellt, gemacht werden, und bey den letzten Hitzen mufs der Ingenieur, wo möglich, gegenwärtig seyn, wenigstens bey den ersten Grundpfählen, um das Aufhören des Rammens, d. i. das Feststehen der ersten Pfähle zu bestimmen, wonach sich beym Einrammen der übrigen Pfähle gerichtet werden mufs. 12) Es sollte der Ingenieur ein Bau-Journal, worin der Fortgang der verschiedenen Arbeiten, die Hindernisse und Schwierigkeiten, und wie diese überwunden wurden, führen; welches die getroffenen Maafsregeln rechtfertigt, und alle Versuche und Erfahrungen enthält; auch zugleich die Ausgaben für die verschiedenen Arbeiten und Baumaterialien, zusammen stellen. Wenn man solche Journale und Rechnungs-Uebersichten von den wichtigsten Bauten, die mit den Zeichnungen belegt seyn sollten, hätte, so würde die Ausübung ausserordentlich gewinnen; daraus wird der General-Director auch den Geist der Behandlung von den Arbeiten erkennen, und die fortschreitenden Kenntnisse der Ingenieure gewahr werden. 13) Kann man nach der ersten Vorbereitung, wozu die Abbindung der Roste, das Zerstossen der Cement-Ingredienzien, die Zubereitung der Grundpfähle

gehört, zur Gründung des Baues selbst schreiten; so ist dabey nach den bereits aufgestellten Maximen zu verfahren, während die Arbeiten in den Steinbrüchen, und der Transport der Steine unaufhaltsam fort betrieben werden mufs. 14) So wie die Pfahlgründung eines Pfeilers oder Widerlagers vollendet ist, beginne man nach und nach die Anlage des Gemäuers, welches nach seiner Vollendung, ein Jahr über, austrocknen mag.

§. 413. Sind etwa zwey Drittheil der Gewölbsteine auf dem Werkplatze angefahren, und vollkommen nach den Chablonnen zugehauen: so mufs man die Lehrgerüste errichten. Ich werde also hier über ihre Errichtung Einiges vorzeichnen. *a*) Bey der Brücke von Moulins wurden die Lehrgerüste so aufgesetzt, wie es die Figuren 7. bis 14. Tab. 130. deutlich darstellen. *b*) Bey der Brücke von Neuilly wurden die in ihrem Gipfel, 15 Zoll höher als die Bogenlinie des Gewölbes es erheischte, gestellten Lehrgerüste, von denen eine Rippe in Fig. 43. Tab. 130. gezeichnet ist, vermittelst den Richtbäumen *b b* Fig. 5. Tab. 118. *) und zwey Sprossenrädern *d* Fig. 4. **) aufgestellt. Zuerst wurden die Sprengstreben, dann die übrigen Hölzer aufgezogen. Die Maschinen stellte man auf eine längs den Pfeilern errichtete Gerüst- oder Transport-Brücke. In jedem Bogen bestand dieselbe aus zwey einzelnen Jochen *A B* Fig. 43. Tab. 130., über denen Stütze oder Böcke angebracht waren, um für die Schifffahrt eine hinreichende Oeffnung zu lassen. Man wendete zur Hebung einer Rippe, auch die Winde (Fig. 4. Tab. 118.) an, und überliefs, nachdem alle Theile einer Rippe genau zusammen gefügt waren, die ganze Zimmerung ihrer eigenen Spannung. *c*) Hatte man auf diese Weise alle Rippen in einer Bogenöffnung aufgesetzt: so brachte man sie noch, vermittelst an den Seiten eingerammter Pfähle, in die Vertical-Ebene, fügte jetzt die Verbindungsschwellen *e e* und *g* hinzu, um alle Rippen eines Gerüstes unter sich zu einem Ganzen zu verbinden, und beschwerte das Lehrgerüst mit einigen Steinen, um es gegen den Windstofs zu sichern. So wurden also zu allen fünf Bogen die fünf Lehrgerüste errichtet, weil alle Gewölbe zugleich aufgeführt werden sollten. *d*) Die einzelnen Stücke der Lehrgerüste zur Brücke von *Mantes* (Fig. 14. und 15. Tab. 125.) wurden, vermittelst den Richtbäumen *A*, den Erdwinden *D*, der über Rollen *C* gehenden Seile, aufgezogen. Zu diesem Ende war eine hundert Schuh breite Gerüstbrücke, deren Oberfläche sechs Schuh über das niedrigste Wasser reichte, errichtet (les oeuvres de Perronet pag. 140.);

*) In dieser Figur sieht man bey *A* eine vollendete Gerüst-Rippe; bey *B* eine halb vollendete, *C* ist die Oberfläche der Gerüst-Brücke; *D* ist das beym Dorfe *Courbevoye* stehende Widerlager, und *F* das Schlofs Madrid.

**) In dierer Figur zeigt *A* den Deckstein eines Pfeilers, *B* den Vorpfeiler, *D* das Sprossenrad, um die Steine *C* auf das Lehrgerüst zu heben, *E* die flufsabwärts längs dem Lehrgerüste stehende Transport-Brücke; von der flufsaufwärts angebrachten Transport-Brücke zeigt der Vorgrund die Oberfläche.

deren Pfähle waren auf 9 Schuh Abstand, ohne einen eisernen Pfahlschuh, sechs Schuh tief in den Grund eingetrieben. Auf diese Rüstung *H H* standen die Richtbäume, welche man, vermittelst den Spann- oder Haltseilen, lothrecht hielt. Die Stützstreben *E E* Fig. 21. des Lehrgerüstes setzte man (beym niedrigsten Wasserstande) am Umfange der Pfeiler, und in den darin eingeschnittenen Verzahnungen und Zapfenlöcher *c c* wurden die ersten Sprengstreben *G* eingesetzt. Erst nach Aufbringung der letztern brachte man die Horizontalen- oder Verbindungs-Schwellen *K* und *R* Fig. 18. an. Jetzt wurden die Bogenstücke *E E* über das Lehrgerüst gelegt, um darüber die Lagerklötze und Lagerbalken, welche in Fig. 16. und 17. gezeichnet sind, zu ordnen.

Wenn man diese Art, nach welcher Lehrgerüste bey den neuesten Brücken errichtet wurden, betrachtet, so muſs man gestehen, daſs sie kostbar und gefahrvoll sey: denn erstens verursachen die Stellung der Richtbäume, ihr Gebrauch bey einem starken Winde, die Verkürzung der Haltseile während eines Regens, und ihre Anziehung bey der Hitze, bedeutende Ausgaben, und bey Stürmen kann alles dieſs, so wie das nicht geschlossene Lehrgerüst, umgeworfen werden, welches auch zuweilen sich zugetragen hat; wie bey dem Lehrgerüste des 6ten Bogens der Brücke von Orléans (Perronet pag. 234.) geschah. Diese Erfolge sind nichts ausserordentliches, weil die Schwellen *e* (Fig. 50. und 52. Tab. 130.), welche die verschiedenen Rippen eines Lehrgerüstes miteinander zu einem Ganzen verbinden, erst alsdann eingezogen werden können, wenn die Sprengstreben errichtet sind. Alles dieses wird vermieden, wenn man die Construction meiner Bogenbrücken zu den Lehrgerüsten, wie ichs oben gezeigt habe, anwendet. Bey dieser werden die Verbindungsschwellen *a a* (Fig. 53. und 54. Tab. 130.) zuerst auf ein aus Jochen bestehendes Gerüst, dessen Pfähle späterhin ausgezogen oder abgesprengt werden, gelegt, und dann wird das Lehrgerüst so gemacht, wie meine Bogenbrücken ausgeführt sind, welches umständlich im 3ten Kapitel beschrieben ist. Wer dieses studirte, dem wird es ein leichtes seyn, ähnliche bogenförmige Lehrgerüste zu entwerfen, so wie mit Oeconomie und Sicherheit auszuführen.

Die Aufstellung der Polygon- und Bogenförmigen-Lehrgerüste, über sehr tiefe Felsschluchten, worin man weder Joche noch Stuhlgerüste, als Untersätze, anbringen kann, macht die Anwendung mehrerer schräg gegen die zwo Felswände gestemmten Streben oder darauf lothrecht gestellten Stützen nothwendig, um darüber ein horizontales Gerüst aufzuführen, und von diesem ab errichtet man das Bogengerüste. Wer nach dieser kurzen Anzeige nicht eine Einrichtung der Art entwerfen kann, und sie dennoch anzuwenden Gelegenheit hat, den verweise ich auf meine Theoretisch-Practische Straſsenbaukunde 2te Aufl. 1808, wo ich dieselbe in Fig. 33. Tab. 3. dargestellt habe.

§. 413. Bey der *Errichtung der grofsen Brückengewölbe* treten nun folgende Maximen ein: *a*) die Gewölbsteine werden genau nach allen Seiten, der Werkzeichnung gemäfs, behauen; *) die Chablone oder Model müssen nach der Form des Gewölbes, wenn es ausgerüstet seyn wird, gemacht, und in der Werkzeichnung müssen alle Fugenschnitte so gezeichnet seyn, als man das Gewölbe zu errichten Willens ist. *b*) Die Aufbringung der Gewölbsteine wird vermittelst Hebmaschinen, von den Pfeilern oder den Transportgerüsteu ab, vollzogen. Diese Maschinen bestehen aus Krahnen Fig. 31. und 32. Tab. 83., Fig. 48. und 53. Tab. 84., dem Hebebock Fig. 1. und 2. T. 82.; dem Sprofsenrade Fig. 55. und 56., dem Richt- und Aufziehbaum Fig. 40. Tab. 84. und Fig. 17. Tab. 125. oder aus der in Fig. 26., 27., 28. und 30. Tab. 83. dargestellten Zugmaschine; Vorrichtungen und Maschinen, die im II. Bande Seite 457 bis 472 beschrieben sind. Um jeden Stein wird das Seil so befestigt, wie es Fig. 38. T. 84. zeigt; in sehr grofsen Steinen werden die Steinkrampen Fig. 30^b Tab. 83. eingelassen und die Zugmaschine Fig. 26. so angewendet, wie dies im II. Bande Seite 486 erklärt ist. Bey den Krahnen mufs aber der Schnabel nicht zu lang gemacht werden, welches bey einigen dieser hier gezeichneten geschehen ist, denn sie neigen sich sonst mit der Last. Einen sehr guten Krahnen hat *Rondelet* bey der St. Genieve gebraucht, den er in seiner *art de bâtir* beschreibt. *c*) Zur Aufstellung der obern Gewölbsteinreihen setzt man Stuhlgerüste über die Pfeiler und auch wohl über die Mitte des Lehrgerüstes (abwechselnd) und bringt dann über dieselben ein Transport-Gerüste an, wie dies die in Fig. 7. Tab. 130. gezeichneten Gerüste zeigen. In so fern aber die freystehenden Lehrgerüste grofser Bogen durch den Transport der Gewölbsteine über die auf diese Gerüste ruhenden Sthuhlrüstungen, eine nachtheilige Erschütterung erleiden: so mufs man diese Gerüste, von der untern Gerüstbrücke ab, unterstützen, und die Gewölbsteine,

*) Auch alle Werkstücke, welche zu einer Brücke gebraucht werden, mufs man aufs sorgfältigste nach ebenen Flächen behauen lassen, die Gewölbsteine auch nach der untern Bogenkrümmung. Zum letztern dient ein aus Pappendeckel gemachter Model, den die Franzosen Panneau nennen, oder auch ein aus zwey Schenkel bestekender hölzerner Winkelhacken, die beweglich sind Der eine Theil giebt den Fugenschnitt des Steines und der andere dessen untere Gewölbfläche an. Man kann ihn Winkel-Model nennen, französisch heifst er Buveau; giebt ein solcher beweglicher Winkelhacken blos den Winkel, unter welchen der Gewölbstein behauen wird, und nicht auch die untere Wölbungsfläche an, so heifst er franz. Sauterelle. Wird diese Vorschrift nicht beobachtet, so tragen nur die Kanten des Werkstückes, und es wird dann nothwendig, in die der Mitte der Steine zugelassenen Höhlungen, mit kleinen Steinen oder Mörtel auszufüllen, welches ein grofser Fehler ist: denn nie wird, vermöge dieses Hülfsmittels, die Last auf die ganze Fläche des Steines vertheilt. Man sollte daher bey allen öffentlichen Werken, die ungleiche Behauung der Werkstücke und den Gebrauch der Füllsteine, unter grofser Strafe verbieten, und niemals die Beymischung von Kiesel zu beträchtlicher Gröfse in dem zu einem Werkstückgemäuer zu gebrauchenden Mörtel gestatten. Man lege also unter die vier Ecken eines Werkstückes Walzen, und lasse es auf ein dünnes Mörtelbett langsam herab. Das Herablassen sehr grofser Steine in ihr Lager kann aber zum befsten, nach der im 2ten Bande Seite 486 beschriebenen Methode geschehen.

mittelst eines solchen Wagens und der Zugmaschine, auf die im II. Bande Seite 486 erklärte Weise, auf das Lehrgerüst herablassen. *d*) Die Aufsetzung der Gewölbsteine sollte in allen Bogen *zugleich von den Pfeilern ab, mit Breiten-Lagen* *) dergestalt bewerkstelliget werden, dafs man zuerst die zwo äussern Gewölbsteine (zwo Steine des Stirnbogens) genau in der Vertical-Ebene und dann erst die Zwischen-Gewölbsteine einer Breiten-Reihe aufsetzt. *e*) Ist das Gewölbe so weit gekommen: dafs es auf das Lehrgerüste einen Druck ausübt, welcher, bey den Korbbögen und Halbkreisen von den erstern untern Lagen nicht erfolgt, und die man die *Ruhenden-Lagen* nennt, (*les retombées*), und ist dieser Druck so stark, dafs er das Lehrgerüst in seinen beschwerten Theilen zum Senken bringt: so wird dieses Gerüst, oberhalb, mit Steinen **) belegt, um es, wo möglich, in der ihm gegebenen Form zu erhalten. Denn so wie die Gewölbsteinreihen die Schenkel des Lehrgerüstes abwärts drucken, steigt sein Gipfel aufwärts; man würde daher nicht genau die Bogenlinie erhalten, wenn man alle Lagerklötze gleich hoch machte, und mit denselben mufs man sich zu helfen suchen, um die zum Gewölbe angenommene Curve, bey der Aufrichtung der Gewölbsteine, beyzubehalten. Die auf den Gipfel des Lehrgerüstes und in dessen Nähe gelegte Last vermehrt man nach Maafsgabe die Schenkel dieses Gerüstes sich abwärts zu biegen streben, ja, man hat sie, bey grofsen Brücken, bis zu neuntausend Centner und darüber anwachsen lassen, und sie in der Nähe des Gipfels der gewöhnlichen Polygon-Gerüste aufgebracht worden. *f*) Nur diejenigen Gewölb-Steinlagen, welche von der untern nächsten abgleiten würden, wenn sie ohne Unterstützung, d. i. ohne ein Lehrgerüst unter sich zu haben, üben einen Druck auf diese Gerüste aus. Wenn man die bey der Münchner Brücke über das Abgleiten der Steine gemachten Beobachtungen berücksichtigt, so gleitet ein Gewölbstein von 15 Cubikschuh, dessen Schwere 1920 Pfund beträgt, über einen andern Stein erst unter dem Winkel von 80 Graden ab. Perronet meynt, dafs die unter dem 44. Grade gelegten Gewölbstein-Reihe erst auf das Lehrgerüste einen Druck ausübe. Bey jenen Versuchen betrug die Mörtelfuge eine Linie und man hatte den Mörtel vier Wochen trocknen lassen. Hieraus geht demnach die Nothwendigkeit hervor, dafs man, um den Druck der Gewölbsteine auf das Lehrgerüste zu verhindern, den in die Fugen einer Gewölbsteinreihe eingelassenen Mörtel, wie ich es in der Folge näher angeben werde, wo nicht trocknen, doch an-

*) Wird diese Vorschrift nicht beobachtet: so drücken die Gewölbsteine auf der einen Seite des Lehrgerüstes mehr als auf der andern, welches sich dann unten biegt, und nach oben oder nach der entgegengesetzten Seite zu aufsteigt. Perronet führt Seite 91 seines Werkes an: dafs, als man bey der Brücke von Neuilly in einem Bogen auf der einen Seite zwey Reihen Gewölbsteine mehr als auf der andern gesetzt hatte, der Lehrbogen nach der andern Seite verschoben wurde. Sobald man hier auch zwey Gewölbsteinlagen gelegt hatte, wurde das Gleichgewicht und die Form des Lehrbogens wieder hergestellt.

**) Man wählt dazu Gewölbsteine, weil sie späterhin zum Wölben in der Nähe des Schlufssteines gebraucht werden.

ziehen lassen müsse, bis eine zweyte Gewölbsteinreihe gesetzt wird. Einige befestigen die ersten oder den Widerlagern und Pfeilern zu nächsten Gewölbsteine unter einander mit eisernen Klammern, um den Druck der Gewölbsteine auf das Lehrgerüste (mit so vielen Gewölbstein-Reihen als möglich) zu verhindern. Die ersten stein-Reihen kann man auch, durch dieses Mittel, oder mit Hülfe der Bindungskraft des Mörtels, ohne Lehrgerüste aufsetzen. Bey der Brücke von Neuilly setzte man z. B. sechs Steinlagen ohne das Gerüst auf, indem dieselben unter sich mit Klammern verbunden waren. Zuweilen werden diese Steine am obern Ende hackenförmig zugehauen, und die Hacken umschliefsen dann zum Theil die über den Pfeiler horizontal liegenden Steinlagen.

§. 414. Die Weite der aufrechtstehenden Gewölbfugen nimmt man gewöhnlich von drey bis acht Linien an, nämlich bey den kleinen Bögen 3 bis 4, bey den mittlern 4 bis 6, und bey den grofsen 6 bis 8 Linien, weil bey zu kleinen Fugen die Kanten der Gewölbsteine sich während dem Setzen des ganzen Gewölbes an einander pressen und springen können. So betrug ihre Weite bey der Brücke von Saumur drey Linien, bey der von Neuilly waren die Fugen gröfser. Bey den ruhenden Gewölbsteinlagen mögen dieselben aber niemals gröfser werden *). Bey dem 90 Fufs weiten Bogen zu Nogent waren die Gewölbfugen 3 bis 4 Linien weit, aber auch zu klein, denn die Steinkanten näherten sich durch das Setzen dergestalt, dafs ihr Abspringen erfolgt seyn würde, hätte man nicht den Mörtel aus den Fugen weiter hinauf ausgekratzt. Von diesen entferne man die Lagerhölzer und Lagerkeile 6 Zoll, um bey denselben zukommen zu können.

Bevor ich die Art und Weise, welche bey Aufsetzung der Gewölbsteine und bey der Anordnung von den aufrechtstehenden Fugen eintritt, näher erörtere, glaube ich folgende Erfahrungen über das Setzen und die Bewegung der Brückenbogen, auf ihre Lehrgerüste anführen zu müssen. 1) Bey dem Bau der Brücke von Nemours bemerkte der Ingenieur Boitard, dafs, nachdem die siebente Gewölbsteinlage gesetzt war, die erste, zweyte und dritte Fuge, bey der obern Wölbung, sich zu öffnen anfieng; die erste Fuge hatte sich eine halbe Linie, die zweyte eine Drittel-Linie und die dritte ungefähr eine Sechstel-Linie geöffnet. 2) Diese Zwischenräume vermehrten sich, bis man zum Schlufs kam, wo die Oeffnung der Fuge des Anfangspunctes, drey Linien betrug. 3) Der vergröfserte Zwischenraum bey den folgenden Fugen war immer weniger beträchtlich, bis zur fünften Lage, wo er Null war. Da

*) Wenn die das eigentliche Gewölbe bildenden Steine, welche auf das Lehrgerüste aufgesetzt werden müssen, nicht die Länge des Schlufs-Steines haben, so mufs man zwey Steine aufeinander setzen, und dann gebe man den Fugen im Bogen 4 bis 6 Linien, wie bey der Brücke von Saumur (Déscription des travaux hydrauliques par Cessart p. 211.) geschah. Selbst der gröfste steinerne Bogen (von Vielle-Brioude) ist aus einem doppelten Gewölbe gemacht, dessen ganze Dicke nur vier Schuh beträgt!

man die Gewölbsteine mit der gröfsten Genauigkeit setzte, so haben die Schlufssteine ganz die nämliche Dicke wie die übrigen Gewölbsteine erhalten können. Alle die Erscheinungen des Setzens vom Gewölbe waren zum Theil schon bey der Verfertigung der Werkzeichnung vorausgesehen worden, und man war dahin gekommen, indem die Ordinaten und Fugenschnitte nach einem gewissen Gesetz abgewechselt wurden, eine Curve zu bilden, die demohngeachtet ihre Continuität nicht verlohr. Blos der genaueren Berechnung dieser Curve und der hiernach gemachten Werkzeichnung hat man die glücklichen Resultate, zu denen man gelangt ist, zu verdanken, so dafs, vor und nach der Ausrüstung, die Gewölbe nicht den geringsten Schaden litten. Von den tausend vierhundert neun und vierzig Gewölbstücken hat nicht ein einziges Stück einen Sprung erhalten, welches, wie Boitard meynt, daher gekommen sey, dafs alle Keile sechs Zoll von den Kanten der Gewölbsteine entfernt wurden, und man noch mit grofser Sorgfalt vor dem Fugenverstreichen, deren Länge untersuchte, so dafs alle Keile gleich trugen. Die Gewölbe setzten sich in abnehmender Progression vom Schlufs nach den Widerlagern zu; den Tag nach der Ausrüstung betrug das Setzen drey Zoll sechs Linien am Schlufs jedes Bogens, es vermehrte sich unmerklich bis zu sieben Zoll sechs Linien, wo dasselbe einhielt.

Man versicherte sich von dem Einhalten des weitern Setzens, durch die Aufbringung einer Last auf das Gewölbe, von einer Million fünfmal hundert tausend Pfund, welche auf die drey Gewölbe vertheilt wurde. Diese, die Schwere aller noch übrigen Brückentheile, als des Pflasters des Brückenweges, der Trottoirs u. s. w. übersteigende Last, hat keine Vermehrung des Setzens bewirkt. Während und nach der Ausrüstung öffneten sich die Fugen des Anfangs der Bogen an der obern und schlossen sich an der untern Wölbung; dieses Oeffnen und Schliefsen hatte bey den ersten drey Fugen auf eine merkliche Weise statt. Die erste öffnete sich um 12 Linien, die zweyte um 8 Linien, und die dritte um zwey Linien. Das Schliefsen der ersten Fuge an der untern Wölbung betrug fünf, der zweyten drey und der dritten zwey Linien, die übrigen comprimirten sich alle, ihrer ganzen Höhe nach, ein wenig; die am Schlufs schlossen sich aber am Rücken des Gewölbes, während sie sich nach unten öffneten. Dies letztere geschah jedoch auf eine viel unmerklichere Weise als an dem Anfang der Bogen, weil man die Vorsicht angewendet hatte, die Fugen mit trockenen sehr harten Eichenholz auszukeilen. Als die Füllungen über den Gewölbschenkeln (les tympans) und das in Verlängerung der Pfeiler liegende Gemäuer, in gleicher Ebene mit den obersten Gewölbsteinen, aus Bruchsteinen, aufgemauert wurden, so verspürte man kein weiteres Setzen des Bogens, denn dasselbe war beym Schlufs des Gewölbes und in den Schenkeln nur drey Linien.

Man kann hier die interessante Bemerkung nicht übergehen: dafs, nach der Ausrüstung, die anfänglich an der obern Wölbung zwey Linien und zwölf Linien an der untern Wölbung starke Fuge nächst dem Widerlager, sich an der obern Wölbung zwölf

und an der untern fünf Linien schloss. Diese Oeffnung an jener hatte durch die Breite der ganzen ersten Gewölbsteinlage Statt, so dass diese erste Lage nur einen Schuh, ihrer Höhe nach, von der untern Wölbung angerechnet, auflag. Diese Beobachtung zeigt besonders die Richtung des Gewölbdruckes, den man nothwendig wissen muss, um dessen Wirkung berechnen zu können. Endlich ist zu bemerken: dass man bey der Brücke von Nemours die Fugen mit Mörtel gefüllt hatte, nachdem die Keile von vier Zoll Breite und einen Schuh Länge darin eingetrieben waren.

Beobachtungen ähnlicher Art theilt Perronet in seiner Abhandlung: sur le cintrement et le décintrement, nämlich über die Bewegung, welche die Brückengewölbe auf ihren Lehrgerüsten und welche sie nach dem Schluss machen, mit. Er bemerkt darin unter andern: „Das unvermeidliche Setzen der Lehrgerüste verursacht besonders bey grossen Bogen eine Oeffnung der Gewölbfugen, die nicht weit von den Anfangspuncten des Gewölbes entfernt liegen. Diese Oeffnungen entstehen auch noch bey den höher liegenden Gewölbfugen, je nachdem man mit dem Aufsetzen der Gewölbstein-Lagen vorrückt; aber sobald der Bogen geschlossen ist, verengen sich diese Fugen wieder. 1) Bey dem sechszig Schuh grossen Bogen von Cravant bemerkte man dieses Setzen nicht eher, als bis die achtzehnte Gewölbsteinlage aufgesetzt war. 2) Da der neunzig Schuh grosse Bogen der Brücke von Nogent, von jeder Seite, bis zum 20ten Theil aufgeführt war, so öffneten sich die Fugen neun Linien und zwar oberhalb der fünfzehnten Gewölbstein-Lage; diese Oeffnung gieng sogar durch das Mauerwerk der Gewölbschenkel (in der Verticallinie der Anfangspuncte des Bogens) durch und verursachte, bis zur siebenten Steinlage, eine Trennung der hintern Fläche der Gewölbsteine von den horizontalen Steinschichten der Widerlager, wie es in Fig. 8. Tab. 132. angedeutet ist. Einige Zeit nachher, nachdem diese Fugen sich zu schliessen anfiengen, so öffneten sich neue, von der Grösse einer Linie, an der obern Wölbung, zwischen der sechs und zwanzigsten bis zur ein und dreyssigsten Gewölbsteinreihe. 3) Bey den Widerlagern der Brücke von Neuilly öffneten sich die Fugen an der obern Wölbung, von der eilften bis zur sechs und dreyssigsten Gewölbsteinlage, auf jeder Seite eine Viertel-Linie bis zu drey Linien; ausgenommen die zwischen der sechs und sieben und zwanzigsten Lage befindliche Fuge, welche sich um zehn Linien, an dem auf der Seite von Neuilly gelegenen Bogentheil und in dem nach der entgegengesetzten Seite, sechs Linien weit aufthaten. Bey den übrigen Bogen waren diese Fugen nicht so gross. Als endlich die Schluss-Steine gesetzt waren, öffneten sich die Fugen oberhalb der 36. bis 56sten Reihe, welche an die Schluss-Steine grenzt und zwar $\frac{1}{4}$ bis eine Linie; doch fand dieses höchstens bey drey Fugen, in jedem Bogen, statt. Die Unerfahrnen halten diese Fugentrennungen für Folgen von gemachten Fehlern; aber sie müssen sich vom Gegentheil überzeugen, wenn sie sehen, dass sich diese Fugen, nach Legung der Schluss-Steine wieder schliessen. Bevor nämlich die Schluss-Steine gesetzt sind, entsteht, vermöge der Einbiegung des

Lehrgerüstes, diese Fugenöffnung, nach der Ausrüstung strebt der Druck des Gewölbes alle Fugen zu verschliefsen.

§. 415. Wenn man die Erfahrung bey den grofsen ausgeführten Gewölben kennt, so weis man es: 1) dafs die Fugen der Gewölbsteine in der Nähe des Gipfels vom Bogen sich nach unten zu öffnen, und 2) nach oben zu schliefsen; 3) dafs bey den Halbkreisen sich die von einem 6tel des Bogens vom Gipfel entfernten Fugen nach oben zu öffnen Fig. 46. Tab. 130.; 4) dafs diese Erscheinung bey den Gedruckten-Bogen, in den Schenkeln (Fig. 47.) und in Kreisstücken, beym Anfang des Bogens (Fig. 49.) statt findet. Man mufs daher, bey der Ausführung des Gewölbes, auf diese Wirkung, Rücksicht nehmen und die Gewölbsteinfugen nach den verschiedenen Gewölblinien oben weiter oder enger als unten machen, damit die aufrechtstehenden Gewölbsteinflächen sich, nachdem der Bogen ausgerüstet ist, parallel nähern. Bey den mehresten neuern Brücken hat man die oben angeführte Wirkung, in den Gewölbgipfeln, dadurch zu verhindern und das Setzen des Bogens zu verringern gesucht, dafs man in den Fugen der Gegenschlufs-Steine, hölzerne Keile, zwischen zwey in diese Steine eingelassene Latten, mit 12 bis 15 Pfund schweren Schlägeln eintrieb, und die Fugen von Mörtel frey liefs; diese Latten und die vier Fufs langen drey Zoll sechs Linien breiten und oben zwey Zoll dicken Keile, wurden z. B. bey der Brücke von Mantes auf jeder Seite des Schlufs-Steines in 14 Fugen, ehe die Ausrüstung vor sich gieng, eingetrieben, wie es in Fig. 17. Tab. 125. angedeutet ist. Man bemerkte jedoch: dafs sich, während dem Eintreiben der Keile, die Gewölbsteine um einige Linien senkten, d. i. aus der untern Bogenkrümmung hervortraten; es wurden daher die Fugen unterhalb mit Werch verstopft und von oben mit Cement-Mörtel zum Theil ausgegossen. Bey dieser Brücke hatte sich das Lehrgerüste zwölf Zoll unter der Last des grofsen Gewölbbogens gesetzt und nach der Ausrüstung betrug die Senkung des Gerüstes noch acht Zoll 7 Linien. Wenn man bedenkt, dafs die Eintreibung der Keile mittelst eines so leichten Schlägels, die Annäherung so grofser Gewölbsteine nicht bewirken kann, sondern dafs vielmehr, durch dieses Eintreiben, eine für das Gewölbe nachtheilige Erschütterung entsteht, und dafs selbst, bey der Brücke von Mantes, dadurch einige Gewölbsteine gesprungen sind: so wird man den Entschlufs *Perronets* gerechtfertigt finden, bey der Brücke von Neuilly, die Anwendung der Keile verworfen, und, statt deren, in den Gewölbsteinfugen, vier bis fünf Fufs lange eiserne Blätter, die an ihrem Kopfe zwey Zoll breit waren, eingelegt zu haben. Dieses Verfahren wurde nämlich bey den sieben Reihen der Gewölbsteine, zu beyden Seiten des Schlufs-Steines, angewendet. Er machte auch die Gewölbfuge der untern Steinlagen drey Linien, bey dem zweyten Drittheil des Gewölbes sechs Linien, und die weiter aufwärts, zwey bis vier Linien weit. Die untern Gewölbsteine wurden mit 24 Zoll langen Krampen, der Queere nach, unter einander befestigt, und ihre Fugen von oben mit harten Steinen ausgekeilt.

3) Bey dem flachen Bogen der Eintrachtsbrücke wurden die Gewölbfugen in der Nähe des Schlufs-Steines oben 6 bis 9 Linien und unten zwey Linien weit gemacht, die folgenden erhielten eine Weite von sechs Linien und in dem ersten Viertheil des Gewölbes betrug dieselbe, bey der äussern Gewölbfläche sechs, bey der innern aber vier Linien. Bey angelehnten oder freystehenden Gerüsten ist diese Maafsregel um so nothwendiger, weil die oben angezeigten aus dem Druck des ungeschlossenen Gewölbes auf das Lehrgerüste hervorgehenden Wirkungen nothwendig erfolgen, indem diese Lehrgerüste nachgeben, und man ist, bey dem Verfahren, wobey die Fugen gleich grofs gemacht werden, genöthigt, in denjenigen Theilen des Gewölbes, worin die Fugen bey dem Setzen sich unten nähern, den eingegossenen Mörtel auf eine bedeutende Tiefe herauskratzen oder denselben, vermittelst eines von Werch gedrehten Wulstes, den man in die Fuge einlegt, zurück zu halten.

Werden aber die von mir §. 407. vorgeschlagenen Lehrgerüste angewendet, so kann nur eine unmerkliche Senkung des Gewölbes, während seiner Aufführung, entstehen. Man hat also bey diesen Lehrgerüsten nur auf das Setzen des Gewölbes, nach der Ausrüstung, Rücksicht zu nehmen. Da dieselbe aber immer den gemachten Erfahrungen gemäfs, je nach der gewählten Bogenlinie auf die Weise erfolgen wird, wie es oben angegeben ist, so wird man folgendermaafsen mit Sicherheit erfahren können. 1) Stopfe man in jede Fuge (von unten auf) in der Entfernung von 6 Zoll, von der untern Gewölbfläche einen aus Werch wenig gedrehten Wulst, nach der ganzen Breite des Gewölbsteines; giefse die Fuge der Gegenschlufs-Steine, von oben mit Cement-Mörtel, anfänglich aber nicht ganz aus, sondern nur 6 bis 12 Zoll hoch, damit die Steine den eingegossenen Mörtel, welcher aus $\frac{2}{3}$ Sand, $\frac{1}{3}$ Kalch oder zur Hälfte aus Cement und zur Hälfte aus Kalch bestehen mag, zusammenpressen können, während das Gewölbe sich setzt. Bey den übrigen Gewölbsteinen, das ist von dem fünften oder siebenten vom Schlufs-Stein an, kann man die Fugen beynahe bis zur Oberfläche der Steine ausgiefsen oder bis 6″ von den eingeprefsten bleyern Kugeln entfernt, wenn diese dem Gewölb-Rücken zu gelegt sind. Zwischen dem übrigen oder leeren Theil der Gewölbfugen lege man nämlich nach derjenigen Seite, wo sich, der Ausrüstung des Gewölbes gemäfs, die Gewölbsteine an einander zu pressen streben werden, drey bleyerne Kugeln *) auf sechs Zoll Entfernung, und von dem Ende des Gewölbsteins eben so weit; da wo sich die Gewölbsteine parallel zusammenpressen werden, lege man oben und unten drey solche Kugeln in die Fuge. Dieselben werden sich also, bey der Setzung des Gewölbes, platt drücken, und die gänzliche Annäherung der Gewölbstein-Kanten verhindern, folglich auch ihre Zersprengung. 2) So wie sich das Gewölbe setzt und die Kugeln sich abplatten, giefse man dünnen Mörtel in die Fugen, und verkeile die Zwischenräume vom Gewölbrücken abwärts

*) Ihr Durchmesser sey eine halbe Linie gröfser als die Oeffnung, damit sie in die Fugen hineingeprefst werden können.

mit harten oder Schiefer-Steinen. Auf diese Weise wird die untere Gewölbfläche eine regelmäſsige Bogenform behalten, und man wird nicht, wie gewöhnlich, genöthigt seyn, von dieser vieles Abzubauen *).

§. 416. Das Verfahren, welches die Römer zur Zeit der Republik und die Chinesen beobachteten, nämlich die Gewölbsteine nach der Länge des Bogens parallel zu setzen, haben die Neuern mit Recht verworfen, weil es eines Theils der Festigkeit groſser Gewölbe schadet, und andern Theils, weil aus den der Länge nach parallel gelegten Gewölbsteinen vieles heraus gehauen werden muſs, um die untern Gewölbfläche zu erhalten. Sie setzen daher alle Gewölbe in Parallel-Lagen, nach der Breite, auf, und machen die Gewölbfugen zwischen den Steinen der Stirnbögen und den Zwischensteinen gewöhnlich doppelt so groſs als die aufrecht stehenden Gewölb-Fugen.

§. 417. Von den groſsen Flächen-Bögen, den Halbkreisen und Halbovalen läſst sich eine brauchbare Werkzeichnung zu $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ der wahren Gröſse machen und nach derselben alle Maaſsen abnehmen; ich würde zu den letztern Verhältniſs anrathen, weil man nach dem erstern mit dem Stangenzirkel zwey Linien, und nach dem letztern Verhältniſs eine Linie und etwas weniger greifen kann. Bey Verzeichnung der Korblinien muſs man einen gröſsern Maaſsstab ($\frac{1}{4}$ bis die Hälfte der wahren Gröſse) wählen, um Puncte abstechen zu können.

Will man die Werkzeichnung solcher groſsen Bögen in natürlicher Gröſse auf eine Gypsfläche zeichnen, so bedient man sich dazu der aus Hanf oder besser aus der Rinde junger Linden gemachten Schnur, welche die Franzosen *simbleau* nennen. Diese Methode ist aber nicht so genau als mit dem Stangenzirkel, der sich auf achtzig Schuh noch anwenden läſst, besonders wenn dessen Stange aus dünnen auf einander geleimten Bretterstücken, besteht, wodurch sie mehr Steifigkeit erhält, als wenn sie aus einem Stück gemacht ist, und wenn sie auf Rollen ruht. Aber die Korblinien groſser Bögen sind beschwerlich zu ziehen, weil die Radien, um sie mit einem Stangenzirkel zu nehmen, zu groſs sind, und die Schnur nie Genauigkeit genug gibt. Einige Ingenieurs haben daher die Ordinaten berechnet, und eine Tabelle entworfen, nach welcher die Curve in der wahren Gröſse auf einer ebenen Fläche abgezeichnet wurde; ein Verfahren, von dem Perronet p. 156 seines Werkes Auskunft gibt. Ich würde aber immer dieser Methode die Auftragung des Bogens zu $\frac{1}{3}$ bis zur Hälfte der wahren Gröſse vorziehn **).

*) Zu der Gleichhauung aller Gewölbsteine des ausgerüsteten Bogens oder der einzelnen hervorragenden Theile von der äussern Fläche der Brücke bedient man sich der Hänggerüste Fig. 33. Tab. 84. Bey der untern oder innern Gewölbfläche setzt man Gerüste auf Schiffe, bringt Pfahlgerüste oder auch Hänggerüste an, welche letztere auf Ketten oder Seile, die an den obern Theil der Brücke oder an den Transport-Gerüsten befestigt, gelegt werden.

**) Wenn zur Werkzeichnung kein gröſserer Platz vorhanden ist, als daſs man $\frac{1}{4}$ der wahren Gröſse zum Maaſsstabe der Zeichnung wählt, so kann man diesen füglich annehmen, weil nach demselben die Verzeichnung der gröſsten Brücken-Bogen mit dem Stangenzirkel, sehr genau bewerkstelliget werden kann.

Da man die nach dem aus Kieferholz oder Blech gemachten Chablonen oder Model genau zugehauenen Gewölbsteine mit Hülfe eines Quadranten, der oben oder unten, eine Libelle hat, und worauf der Winkel, unter welchem die Fugen zu stehen kommen, bezeichnet ist, genau der Werkzeichnung gemäfs, d. i. nach den Radien des Bogens aufsetzt, und zwar auf die mit Cement-Mörtel bestrichenen Lagerkeile: so wird die Innere-Gewölbfläche, nach der wahren Gröfse auf die Gypsfläche, welche man auf eine genau horizontal angelegte Mauer macht, oder zu ⅓ bis zur Hälfte der wahren Gröfse, gezogen, und alle Gewölbsteine mit ihren Fugen darauf gezeichnet. *) Nach dieser Werkzeichnung wird zur Legung der obern Lagerkeile, der Bogen in Holz ausgeschnitten. Beym Halbkreise und flachen Bogen wird nur ein Bogenstück von etwa 15 Fufs Länge, nach der wahren Gröfse, gebraucht, welches mit Hülfe des Quadranten oder einer Schrott-, oder besser einer Wasserwaage, in der Vertical-Ebene, aufgerichtet wird. Auch zu dem Bogen-Lehrgerüste, besonders wenn es nach meiner Construction gemacht ist, mufs man die Curve, welche es beschreiben soll, nach jenen Verhältnissen zeichnen, und in der natürlichen Gröfse an Markir-Pfählen, auf der Baustelle, abstecken. Ferner wird die einzelnen Werkstücke und ihre untere Fläche, das ist die Gewölbfläche des Steins, nach der Werkzeichnung modellirt, wefswegen der S. 686. angedeutete Winkel-Model zugerichtet wird, den die Steinsetzer nebst dem, dafs die Bogenkrümmung über die Rüstung an Brettern gezeichnet ist, bey jedem Stein anlegen müssen.

Die aufrecht stehenden Fugen, das sind die eigentlichen Gewölbfugen sollten immer senkrecht auf die zum Bogen gewählte Curve stehen, wie dies allgemein angenommen ist; also ist die Lage einer jeden solchen Fuge der zwo Stirnbogen (die übrigen Fugen richten sich nach diesen) mit der gröfsten Genauigkeit zu bestimmen.

Bey dem Halbkreise und den flachen Bögen ist diefs sehr einfach, indem die Fugen von einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte ausgehen; aber bey den Korblinien wechseln sie nach den verschiedenen Mittelpuncten, weil sie immer senkrecht auf die innere Gewölbfläche zu stehen kommen müssen. **) Es ist in der achten Figur Tab. 132. bey dem Bogen der Brücke von Nogent, der aus neun Mittelpuncten beschrieben wurde, gezeigt worden, dafs die Gewölb-Fugen von *c* nach *i* gehen würden, wenn man sie nach einen gemeinschaftlichen Puncte ziehen wollte, und man sieht also in dieser Figur die Abweichung der Gewölbfugen, welche nach den verschiedenen Mittelpuncten der Kreisstücke gezogen sind. Bey der Ausführung von den aus einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte ausgehenden Radien müssen daher, auf den Quadranten, die verschiedenen Steigungen der Gewölbfugen, die sich nach den Radien der Kreisstücke richten, angegeben seyn, um die Gewölbsteine darnach

*) Man mufs die ebene Fläche, worauf die Werkzeichnung nach der wahren Gröfse des halben Gewölbes gemacht ist, wenn die Werkhütte nicht Raum genug hat, mit einer Bretterwand umgeben, und dieses Behältnifs von oben zu beleuchten suchen.

**) Diese Regel läfst freylich nicht viele ruhende Lagen zu.

zu setzen. Perronet (nach seinem Werke p. 153.) hat sich zu diesem Behufe bey den Brücken von Mantes und Neuilly des in Fig. 12. Tab. 128. gezeichneten Quadranten bedient. Derselbe war aus einem 6 Zoll breiten und 10 Linien dicken Krummholze verfertiget, und an seinen Enden *B* und *E*, auf einem viereckigen Rahmen *A D* befestiget; auf dessen Eck *A* war eine hölzerne Platte *C*, von gleicher Dicke mit dem Quadranten, angeschraubt, durch deren Mitte ein dickes Stift, welches hinten eine Schraubenmutter hatte, gesteckt war, und an welches man vorne die ein Bleyloth tragende Schnur *M* befestigte. Jetzt wurden aus dem Puncte *C* mit einem Stangenzirkel die drey Kreisbögen *B E*, *H J* und *G F* beschrieben. Der Raum zwischen den zwo ersten ist bestimmt, um die Eintheilung der Gewölb-Steinlagen einzuschließen, und der zweyte, um nach den Graden der Zirkelbögen, woraus die Gewölbcurve besteht, eingetheilt zu werden. Nun ist der halbe Bogen der Brücke von Mantes Fig. 13. aus sechs Zirkelstücken zusammen gesetzt, wovon das erste vierzig Grad, und von den fünf übrigen, jedes zehen Grad, hält. Man theilte daher den zwischen den Quadranten *G F* und *H J* Fig. 12. liegenden Theil des Krummholzes in eben so viele Grade, nämlich von einen Theil in 40, und die andern fünf Theile, jeden Theil, in zehen Grade. Nach dieser Eintheilung zog man auf dem Krummholze die jedem Gewölbstein entsprechende Eintheilung. Man erwog, daſs die halbe Curve des Brücken-Gewölbes Fig. 13. Tab. 128., für die man den Quadranten eintheilen wollte, aus mehrern Zirkelbögen von verschiedenen Radien bestehe, diese Bögen bey gleichen Graden desto gröſser seye, je gröſser ihr Radius, und umgekehrt, ist, und daſs daher von den Gewölbsteinen, deren untere Breite in den Umkreis des ganzen Gewölbes fast durchaus dieselbe ist, eine gröſsere Zahl auf die gröſsern Zirkelstücke, als auf die kleinen, treffe. In der That sieht man: daſs die Bögen *B C*, *C D*, *D E*, *E F*, *F G* (Fig. 13.), deren jeder 10° hält, so wie ihre Radien wachsen, eine ihrer Gröſse angemessene gröſsere Anzahl von Gewölbsteinen aufnehmen. Um nun die Eintheilung dieser letztern auf dem Krummholze zu bewerkstelligen, wenn man von dem Anfang des groſsen Kreisbogens *F G* (Fig. 13.) oder dem Schluſs des Gewölbes anfängt, so muſs durch eine Proportion, wie groſs der Raum auf dem Quadranten, welcher der untern Breite des Schluſssteins entspricht, gefunden werden, nämlich durch die Proportion 126′ 2″ 10‴ (der Radius des Bogens *F G*) : 2′ 6″ (der Radius des Quadranten) = 1′ 5″ 4‴, das ist die Breite des Schluſssteins : x = 4 Linien 1 Punct, welches der Raum ist, den die untere Seite des Schluſssteins auf den Quadranten einnimmt. Man trägt also die Hälfte hiervon auf der einen Seite der Linie *C M* Fig. 12., und die andere Hälfte auf der andern Seite auf. Alsdann gieng man zum andern Ende des Bogens *F G* Fig. 13. über; da die Breite des letzten Gewölbsteins *m n* zum Theil in dem Bogen *F G*, und zum Theil in den andern Bogen *F E* fällt: so hatte man den innerhalb den Bogen *F G* noch befindlichen Breitentheil *F n* für den Quadranten durch die Proportion : 126′ 2″ 10‴ (Radius vom Bogen *F G*) : *F n* = 2′ 6″ (Radius des Qua-

dranten) : x zu bestimmen; den breiten Theil x trug man auf den Quadranten von der Theilungs-Linie Nr. 80. aus links gegen Nr. 90. (Fig. 12.) Der zwischen der auf dem Quadranten aufgetragenen Breite des Schlufssteins und der des Gewölbsteins am Ende des Bogens F G (Fig. 13.) im Lichten befindlichen Zwischenraum wurde in eben so viele gleiche Theile eingetheilt, als Gewölbsteine in dem Bogenstück F G kommen sollten. Um die Eintheilung des zweyten Bogens zwischen 80° und 70° Fig. 12. zu machen, fieng man damit an, den breiten Raum, welcher auf dem Quadranten dem andern Theil M F der untern Seite des Gewölbsteins $m\,n$ in dem Bogen E F (Fig. 13.) entspricht, durch die Proportion : 80′ 11″ 7‴ (Radius des Bogens E F) : 2′ 6″ = 3″ oder m F : x zu suchen. Den Werth von x trug man von Nr. 80. rechts gegen Nr. 70. (Fig. 12.) Da die Breite des letzten Gewölbsteins des Bogens E F genau mit dessen Ende E (Fig. 13.) sich abschneidet: so theile man den übrigen Raum des Bogens von 80 bis 70 Fig. 12. in eben so viele gleiche Theile ein, als Gewölbsteine in dem Bogen E F Fig. 13. treffen. Auf eine ähnliche Weise und ähnliche Proportionen, worin immer der Radius desjenigen Bogens, den man eintheilte, das erste Glied ausmachte, fand man die Eintheilung der andern Bögen, 70, 60, 60, 50, 50, 40. Da die Gewölbsteine des letzten Bogens A B (Fig. 13.) verschiedene Breiten haben, so hatte man die Eintheilung des letzten Bogens auf dem Quadranten nach der beschriebenen Methode nur mit dem Unterschiede zu machen, dafs man für die Gewölbsteine verschiedener Breite eine eigene Proportion ansetzte, und die dem letzten Bogen des Quadranten entsprechenden verschiedenen Proportionalbreiten auf denselben auftrug.“

§. 418. Ist die Aufsetzung der Gewölbsteine bis zur Hälfte des Gewölbes fortgerückt: so wird der übrige Theil des Bogens bis zum Schlufssteine gemessen, und die Fugen abgezogen, um genau zu wissen, ob man mit den Gewölbsteinen, die man noch zu setzen Willens ist, auskommen werde, und ob es nothwendig sey, ihre Dicke um etwas zu vergröfsern oder zu verringern. Solche Messung wird auch alsdann wiederholt, wenn etwa noch zwölf Gewölbsteine in den Stirnbogen zu setzen sind. Unterläfst man diese Messung, so kann es sich zutragen, dafs der Schlufsstein zu klein gemacht werden mufs; so war sie bey der Brücke von Possy verabsäumt worden, und man fand für denselben keinen Raum mehr, mufste daher in der Mitte oder beym Schlufs des Gewölbes eine noch jetzt sichtbare Fuge lassen.

§. 419. Ehemals wurden die Gewölbsteine der Brücken-Bögen gleich hoch gemacht, und die Oberfläche parallel mit der Untern-Wölbung behauen, wie die Brücke Senatorius zu Rom und mehrere auf Tab. 129. dargestellte Brücken beweisen. Ein solches Gewölbe benennen die Franzosen mit voûte extradossées d'égale épaisseur, und die einzelnen darin stehenden Gewölbsteine, mit voussoirs extradossées d'égales épaisseur, welches durch ein *Gleichlaufendes-Gewölbe* und durch *Gleichlaufende-Gewölbsteine* übersetzt werden könnte. Späterhin machte man die Oberfläche der in

der Nähe des Schlufssteins stehenden Gewölbsteinlagen horizontal, wie bey der Brücke Royal zu Paris, Orléans, Neuilly, Mantes, und fast bey allen Brücken unsrer Zeit geschehen ist. Auch bereits die Römer haben zuweilen diese Wölbungsart ausgeführt; darnach sind z. B. die Arcaden des Collisäums gemacht worden! Die Franzosen bezeichnen dieselbe mit voute extradossée de niveau, welches wir durch *horizontal oben auslaufendes Gewölbe*, übersetzen können. Man hat dieser Wölbungsart, insbesondere wenn die oben horizontal behauenen Gewölbsteine sich weit vom Schlufsstein entfernen, den Vorwurf machen wollen, dafs dadurch ein zu grofser Druck gerade auf die schwächsten Theile des Gewölbes Statt finde; aber man erwog dabey nicht 1) dafs selbst die oben horizontal auslaufenden Verlängerungs-Gewölbstücke auch die Fortsetzug des Gewölbes ausmachen; 2) dafs die Ausrüstung des Bogens schon alsdann geschieht, wenn die untern Gewölbsteine nicht aber die Verlängerungs-Stücke gesetzt sind, und wenn der Mörtel in den Fugen getrocknet ist, welches Austrocknen etwa nach einem Monathe des bewerkstelligten Gewölb-Schlusses, erfolgt; *) 3) dafs es also besser sey, auf diese untern Gewölbsteine nach der geschehenen Ausrüstung, noch andere, das sind die Verlängerungs-Gewölbstücke, wozu man auch leichtere, als z. B. Tuftsteine, wie bey der *münchener Brücke* geschehen soll, wählen kann, **) zu setzen, als darüber ein mit horizontalen und lothrechten Fugen zu machendes Gemäuer aufzuführen.

§. 420. Eine andere Maafsregel bey Aufführung der Gewölbe tritt ein, dafs man die Schenkel der Bögen nicht vollkommen ausmauert, bevor die Ausrüstung geschehen ist. Dieselbe war bey der Brücke von Nogent Fig. 8. Tab. 132. nicht befolgt worden, daher spaltete sich dieses Gemäuer, und der Bogen setzte sich in seinen schwächsten Puncten sehr bedeutend, so, dafs man genöthiget war, dasselbe abzutragen, und viel von der innern Gewölbfläche abzuhauen, um nur eine regelmäfsige Gewölblinie zu erhalten. Ein solches zu hoch aufgeführtes Gemäuer verhindert nämlich, dafs sich die darin durch das Setzen des Bogens geöffneten Gewölbfugen nicht wieder schliefsen, und man war genöthiget, in dieses Gemäuer Einschnitte zu machen, damit es theilweise dem Gewölbe selbst nachgab. Mit einer entgegen gesetzten Maafsregel, d. i. wenn man kein Gemäuer gegen den Bogen aufführt, erhalten dessen erste Gewölbsteinlagen nicht den so nothwendigen Gegendruck; sie können daher seitwärts ausgedrückt werden, welches vorzüglich bey flachen und ausgebauchten Bögen, und bey Halbkreisen statt finden wird. Zum sichersten wird in dieser

*) Bey der Eintrachtsbrücke wurde die Ausrüstung drey Wochen nach dem Schlufs der Gewölbe vorgeschrieben. (Perronet pag. 314.)

**) Weil die zu dieser Brücke zu verwendenden Tuftsteine der Witterung nicht auf Jahrtausende widerstehen, und eine gelbliche Farbe haben, so wird man wenigstens zu allen Gewölbsteinen der *Aeufsern-Flächen*, also auch zu den Verlängerungs-Steinen, dieser Flächen den röthlichen sehr festen Sandstein anwenden.

Hinsicht verfahren *a*) wenn man mit den Gewölbsteinen auf dem Bauplatze einen Versuch über ihr Abgleiten anstellt, nachdem zwischen zwey Steinen eine bis zwey Linien dicke Cement-Mörtel-Lage ausgebreitet und diese ganz erhärtet ist. Derselbe giebt also den Winkel diejenige Fuge zu erkennen, bey welcher die ersten Gewölbsteinlagen abzugleiten trachten, bis wohin also die ruhenden Gewölbsteinlagen gehen. Von dem Anfang der vorletzten Ruhenden-Gewölbsteinlage fälle man eine lothrechte Linie, und führe bis zu dieser das Gemäuer über den Bogen in zurück gezogenen Lagen bis unter dem Cordon der Brücke (über das Lehrgerüst) auf, und nehme dann die Ausrüstung vor. *)

Endlich muſs in diesem §. noch angemerkt werden: daſs die Verlängerungs-Gewölbsteine stets, wo sie sich oben an die nächsten horizontal zu legenden Steine der Tympans anschlieſsen, lothrecht abgehauen werden müssen, damit sie, an diesen ihren Kanten nicht brechen, welches bey einer spätern Nachsetzung des Gewölbes erfolgen müſste, wenn man diese Seite des Steins mit dem untern Theil bis oben hinauf nach einem Radius fortlaufen läſst. Dieſs kann sich der Leser bey den Zeichnungen der bey Ulm vom Verfasser vorgeschlagenen Brücke Fig. 1. Tab. 133. versinnlichen.

§. 421. Die Ausrüstung wird von unten nach oben, und zwar zugleich in allen Bögen mit Ausschlagung der obern Lagerkeile, dann der untern Lagerkeile und Lagerbalken bewerkstelligt. Es ist rathsam diese Keile, von denen man, unter jedem Gewölbstein, zwey gegen einander legt, nicht hoch zu machen, damit sie bey der Ausrüstung leicht gespalten werden; bey der Brücke von Saumur betrug ihre Stärke nur 18 Linien. Ferner muſs man die untern Lagerkeile und Lagerbalken immer nach und nach, so wie die Aufsetzung der Gewölbsteine fortrückt, auf das Lehrgerüst bringen, um den untern Gewölbfugen, der zuletzt gelegten Gewölbsteine, desto ungehinderter beykommen zu können. Bey dem Polygon-Gerüst der Eintrachtsbrücke zu Paris hat der Ingenieur Dumoustier in den Sprengstreben, da wo sie enden, Einkerbungen gemacht, und nur kleine Holzstücke stehn lassen, die man leicht mit dem Meissel abstöſst. Cessart hat diese Methode in seiner Déscription I. pag. 13. genau beschrieben. Endlich bemerke ich: daſs man den mittlern Bogen einer Brücke zuletzt ausrüsten müsse. Bey meinem Bogengerüste muſs man, während der Ausrüstung, zugleich die Stützen *h*, *g* und *f* Fig. 53. Tab. 130., so wie den Spannriegel *m m*, auch die Zugstreben *P e* und *P c*, wegnehmen; ferner die mittlere Verbindungsschwelle *a* längs jeder Rippe durchsägen; von den Jochpfählen *G*, etwa zwey Schuh von ihrem obern Ende abwärts, so viel abhauen, damit der stehen gebliebene Theil dieses Stücks von dem Druck des Gewölbes zusammen gepreſst d. i. geknickt werden kann. Diese

*) Bey den stark ausgebauchten Brücken-Gewölben wird man also das oberhalb und an den Seiten des Bogens kommende Mauerwerk höher aufführen müssen, als bey den Halbkreisen, und bey diesen höher, als bey den Flachen-Bögen.

Maafsregeln sind defswegen nothwendig, damit der Gewölb-Bogen sich frey in allen Puncten setzen könne. Würde man nämlich die Schenkel des Lehrgerüstes unten ganz frey machen, bevor die mittlern Theile desselben zum ungehinderten Setzen vorbereitet sind: so müfsten die Gewölbsteine des Schenkels vom Bogen auf das Lehrgerüst drücken, und dieses sowohl als das Gewölbe aufwärts zu gehen trachten. Man sieht hieraus, wie nothwendig es sey: bey der Ausrüstung so schleunig als möglich zu verfahren, damit der Gewölb-Bogen sich gleichförmig und ungehindert setzen könne. Für die Münchener Brücke rechne ich, nach den vorliegenden Erfahrungen, dafs die Mitte des Bogens sich 90 bis 100 Linien setzen werde. Dieses Setzen betrug z. B. bey der Brücke von Mantes 103 Linien; bey der Brücke von Nemours 90 Linien, und bey andern Brücken war es noch beträchtlicher. Um das Setzen des Gewölbes zu erfahren, wird sowohl unterhalb dem Schlufsstein als einiger andern Gewölbsteinen eine horizontale Linie bis zum Pfeiler ausgesteckt, und selbst mit schwarzer Farbe auf dem Bogen verzeichnet. Eine solche Linie wurde von *d* nach *c* bey dem Bogen der Brücke von Nogent (Fig. 8. und 12. Tab. 132.) gezogen. Die Setzung dieses Bogens betrug etwas über 12 Zoll, und diese Linie senkte sich nach *dF* und *c*. Auch vom Widerlager hatte man eine Linie auf die Gewölbsteine von *c* nach *b* Fig. 8. gezogen; nach der Ausrüstung war das Gewölb zwischen *b* und *a* 13 Zoll gestiegen, und zwischen *b* und *c* 13 Zoll herunter gegangen, wie diefs die krummen Linien zeigen. Da das Setzen der grofsen Gewölb-Bogen gewöhnlich acht bis 20 Zoll beträgt, so erkennt man die Nothwendigkeit, dafs ein so grofser Raum zwischen dem Lehrgerüste und dem darüber aufzuführenden Gewölbe statt finden müsse, wenn man nicht das gleiche Setzen des Gewölbes hindern will, weil es sich nothwendig mit einigen Theilen auf das Lehrgerüst aufdrücken mufs, dessen wesentliche Theile alsdann durchgesägt werden müssen, um das Uebel nicht noch ärger zu machen. Ein Vorfall, der, wie Perronet pag. 175. seines Werkes erwähnt, bey der Brücke von Nogent eintrat, deren Bogen 90 Schuh weit ist, und wo man nur einen Zwischenraum zwischen dem Gewölbe und dem Lehrgerüst von 9 Zoll anstatt 15 Zoll gelassen hatte, so dafs bey der Ausrüstung die Sprengstreben durchgeschnitten, und ein Theil der Lagerhölzer durchgehauen werden mufste, nachdem man die Lagerklötze zerspalten hatte.

Einige Monate nach der erfolgten Ausrüstung des Bogens werden die Obern- oder Verlängerungs-Gewölbsteine dergestalt aufgesetzt, dafs ihre Fugen mit denen des eigentlichen Gewölb-Bogens fortlaufen; zugleich werden die Gewölbschenkel vollkommen mit Cement-Mörtel und Bruchsteinen oder Ziegel, bis gegen die Oberfläche des Gewölbes, ausgemauert, und dann wird über die ganze Fläche hin mit einem aus Cement, der mit nicht ganz klein gestossenen Dachziegeln untermischt seyn kann, bestehender Gufs, drey Zoll hoch angebracht, den man mit einem hölzernen an einem Stiel befestigten Brett festschlägt, dann aber einige Tage über mit Bretter bedeckt, damit die Sonne darin keine Spalten verursache. Diese Lage wird mit dünnen Mörtel, worunter Cement kömmt, einen Zoll hoch begossen, und dann wird er mit dem hölzernen Brett tüchtig zusammen geschlagen, so, dafs darin keine Ritzen bleiben. Anstatt dieses Cementgusses kann man sich auch, zu der ersten Decke, des Töpferthons, oder noch besser, des Fayence-Thones bedienen.

§. 421. Die Ableitung des Wassers von der Oberfläche der Brücke ist ein wesentlicher Gegenstand zur Erhaltung des Werkes. Als die Brückenbaukunde ohne Sorgfalt behandelt wurde, legte man von den zwey Seitenrinnen des Pflasters bis eieinen Schuh über die äufsersten Flächen der Brücke hinaus, steinerne Ablafs-Rinnen; diese erzeugten einen Mifsstand für das Ansehen der Brücke, das ablaufende Kothwasser beschmutzte ihre Seitenflächen, und im Winter setzte sich Eis daran. Bey den gro-

ſsen Brücken in Frankreich hat man durch zwey Gewölbsteine, auf gewissen Abständen unter den Straſsenrinnen, Löcher, mit einem Steinbohrer gebohrt, und Perronet hat dazu bey der Brücke von Neuilly die in Fig. 11. und 12. Tab. 85. gezeichnete Maschine angewendet. Bey der Brücke von Saumur verbesserte Cessart diese Einrichtung, indem er die Wasserrinnen unter den Trottoirs anbrachte, wodurch die Straſse selbst breiter wird; auch setzte er 24 eiserne Röhren in die mitten im Gewölbe gemachten Löcher. Indessen tritt hiebey immer noch der Umstand ein, daſs man mehrere Gewölbsteine durchbohren muſs; es ist daher weit besser, der eigentlichen Fahrstraſse einen Abhang zu geben, um die Straſsenrinnen geneigt machen zu können, also daraus sowohl, als von der Fahrstraſse, das Wasser zu leiten und dieses nicht weit vom Widerlager durch eiserne, in die Gewölbsteine eingesetzte Röhren, abzulassen, oder dasselbe über das Widerlager hin, in Rinnen abzuführen.

Die Trottoirs lege man immer horizontal, 1) um der Brücke ein schönes Aeuſsere zu geben, und 2) durch die horizontale Lage dieser Fuſswege eine Bequemlichkeit hervor zu bringen; 3) durch die Anbringung der alsdann am Ende der Trottoirs nothwendig werdenden Stufen, die Karrenschieber von diesen Fuſswegen abzuhalten. Aber auch bey dieser Einrichtung, selbst wenn die Fahrstraſse und die zwey Seitenrinnen aus regelmäſsig zugehauenen Steinen (in Form von Parallelepipeden) in feinen Kiessande, der die Höhe von sechs Zoll haben mag, so sorgfältig gepflastert werden, daſs die Fugen nur sechs Linien betragen, tritt noch der Umstand ein: daſs die Rinnen von den Fuhrwerken beschädigt werden, und man dieselben nicht rein erhalten kann. Ich rathe daher: diese Rinnen aus Guſseisen dergestalt gieſsen zu lassen, damit jedes gegossene Stück mit Zacken endigt, welche in die Zwischenräume der daran stossenden Zacken eingeschoben werden. Diese Stücke müssen an den Seiten einen abgerundeten Bord erhalten. Ich würde, zur Erweiterung des Fahrbettes, von der Brücke von München, diese Rinnen unter den Trottoirs anbringen, wenn daselbst nicht Wasserleitungs-Röhren Fig. 10. Tab. 133. durchgehen müſsten.

Die Fahrstraſse der Brücken mit groſsen Steinen zu pflastern, ist deſswegen nachtheilig, weil darauf das Zugvieh leicht fällt, besonders bey Glatteis. Man sollte sie daher oben nie gröſser als 100 Quadrat-Zoll machen. Bevor der Fahrtweg gepflastert werden kann, müssen die Cordons der Brücke und die Trottoirs, wo möglich, aus festen, der Witterung widerstehenden Sandstein, und der nicht glatt, wie Marmor, ist, worauf die Fuſsgänger leicht fallen, bestehen.

§. 422. Während das Pflaster gemacht wird, kann man die Brustmauern oder eisernen Geländer, die Chausséedämme und Kaymauern vollkommen ausführen, und vermittelst der Hänggerüste alle äuſsern Fugen der Brücke mit Steinkitt, der dem Froste widersteht, ausstreichen, wenn zuvor die innere Gewölbfläche genau abgemeisselt ist. Hat man zu dem Aeuſsern poröse Tuffsteine wählen müssen, so werfe man alle Poren mit Mörtel, unter welchem Eisenschlacken und aus dem Tuffstein gestossene Körner gemischt werden, aus, und bestreiche die ganze Fläche zweymal mit Oelfarbe.

§. 423. Indem ich mich nun noch auf dasjenige beziehe, was ich von der Aufführung der Kaymauern gesagt habe, und dem Leser auf alles dasjenige verweise, was ich in dem künftigen Kapitel von der Aufführung der Chausséedämme und des Pflasters anzeigen werde: beschlieſse ich die *Brückenbaukunde.*

EILFTE ABTHEILUNG
DER
WISSENSCHAFT DES WASSERBAUES.

Von dem Bau, der Unterhaltung und Wiederherstellung der Kunst-Strafsen. Tab. 121.

§. 1.

Bequeme Landstrafsen werden von allen einsichtsvollen Staatsmännern und Bürgern für den wirksamsten Hebel des Verkehrs und der Civilisation betrachtet. Der Strafsenbau ist defswegen in den mehrsten Ländern denjenigen Ingenieurs, welche den Wasser- und Brückenbau besorgen, anvertraut; er entlehnt auch fast alle wichtigen Aufgaben aus der Flufs: und Deichbaukunde, und in dieser Hinsicht mufs man ihn zur Wasserbaukunst klassificiren. In diesem Werke werde ich jedoch nur vorzüglich die dabey anzuwendenden *Maximen* lehren *), weil in den übrigen Abtheilungen die meisten beym Strafsenbau vorkommenden Gegenstände vorgetragen sind; diejenigen Leser, welche sich darin, des Berufes wegen, näher unterrichten wollen, verweise ich auf meine bey *Seidl* in Sulzbach 1808 erschienene theoretisch praktische Strafsenbaukunde, zweyte Auflage.

§. 2. Eine jede *Kunststrafse* oder Chaussee, sollte bey feuchter Witterung eben so bequem für das Fuhrwerk und Zugvieh seyn, als bey trockenem Wetter. Wird dieselbe in der Oberfläche regelmäfsig gepflastert, so heifst sie eine *Steinpflasterstrafse* Fig. 1. Setzt man aus Bruchsteinen den Grundbau *a b a* Fig. 2. regelmäfsig auf, und beschüttet denselben mit zerschlagenen Steinen oder Kies *c d*, so heifst dieselbe eine *Bruchsteinstrafse mit einem Grundbau.* Bleibt das Steinpflaster weg, so wird die Strafse, je nach dem Material, eine *Kies-* oder *Bruchsteinstrafse ohne Grundbau* genannt; Strafsen, deren Oberflächen aus Ziegel gemauert sind, nennt man *Ziegelsteinstrafsen*, und diese letztern trift man vorzüglich in Holland an. *Sommer-*

*) Ich hätte die Strafsenbaukunde mit sehr vielen Beyspielen belegen können, da ich auch dem Strafsenbau in Oesterreich vorgestanden, als dieser Staat über 3000 Stunden Chausseen hatte, und ihn im Königreich Baiern, welches (1814) 2162 Stunden Kunststrafsen zählt, noch vorstehe, aber ich glaube behaupten zu dürfen: dafs derjenige, welcher diese hier abgehandelte Materie mit Nutzen studirt, bey allen in Praxis vorkommenden Fällen zweckmäfsig verfahren werde.

wege Fig. 1., 6. und 7., die man mit wenig Kies bedeckt und alle Jahre einmal ausbessert, werden an den Seiten jener Strafsen angelegt, um beym trocknen Wetter die Chaussee zu schonen, und dem Zugvieh einen bequemern Auftritt zu verschaffen. Nur die Stein- und Ziegelpflaster schicken sich für Städte und Ortschaften, denn die Kies- und Bruchsteinstrafsen verursachen einen für die Gesundheit höchst nachtheiligen Staub und Koth, wodurch also die Reinlichkeit vergeblich gemacht wird. Zu den Landstrafsen sind die letztern aber besser, weil die Hufe des Zugviehes und seine Knochen darauf mehr als auf Pflasterstrafsen geschont werden.

§. 3. Die Breite einer Kunststrafse kann nach dem Abstande der zwey äussern Räder der sich begegnenden Lastwägen Fig. 2. und nach den Räumen *f c* und *d e* (zur nothwendigen Festigkeit des Fahrbetts dienend) bestimmt werden. Bey festem Boden darf jedes Banket *f c* nur drey Schuh betragen, und das Fahrbett 17 bis 18 Schuh; nimmt man zum letztern 20 Schuh an, so ist eine Breite von 26 Schuh für die gesammten Strafsenkörper hinreichend; beym Sand- oder Morastboden wird man die Breite für jedes Widerlager der Fahrstrafse bildendes Banket oder Berme fünf bis acht Schuh annehmen müssen, und dann erhält die Strafse eine Breite von 30 bis 36 Schuh. In den Gebirgsländern mufs man sich, wegen den kostbaren Felsensprengungen und Stützmauern, mit der ganzen Strafsenbreite von 20 Schuh begnügen; ja, in Tyrol waren 1802 wenig Chausseen so breit, und ich habe, bis zu den Abtretungen, fast alle dortigen Gebirgsstrafsen erweitern lassen. Die in der Ebene so nützlichen und allemal niedriger als die Chaussee anzulegenden Sommerwege sind in dieser festgesetzten Breite nicht mitbegriffen.

§. 4. Das *Fahrbett c d* Fig. 2. Tab. 121. einer Kunststrafse mufs, ausgenommen in Hohlwegen (Fig. 22.) und längs Bergabhängen (Fig. 32.) dergestalt nach einem flachen Bogen in der Mitte höher als beym Strafsengraben, liegen, dafs die Bogenhöhe $\frac{1}{34}$ Theil von der ganzen Strafsenbreite beträgt. Diese für das Fuhrwerk unschädliche Wölbung ist wegen dem Abflufs des Regenwassers durchaus nothwendig, und jede Kunststrafse, welche dieselbe verlohren hat, ist im Reparations-Zustande. Nur bey den Pflaster- und Ziegelstein-Strafsen mag sie etwas geringer seyn. In Hohlwegen Fig. 22. werden die Strafsen zur Aufnehmung des Wassers, concav gemacht; längs Bergabhängen (Fig. 8.) lasse man die Strafse gegen den Bergabhang zu fallen, so dafs sich die Neigungshöhe zu Strafsenbreite wie 1 zu 75 bis 1 zu 52 verhalte. Hieraus entstehen die Vortheile 1) dafs die Feuchtigkeit von der Futtermauer D. D. ab und dem Graben *d* zugeleitet wird. 2) Dafs das über die abhängigen Gebirgs-Strafsen schiefsende Wasser seitwärts einen Ablauf in den Graben erhält, folglich das Deckmaterial davon nicht so schnell abgespühlt wird, und 3) dafs man auf einer solchen Strafse sicherer fährt, als auf einer andern, deren Oberfläche nach dem Abgrunde einen Fall hat. Diese einfache Regel ist daher in bergigten Ländern niemals zu verabsäumen.

§. 5. Die *Dicke* des aus Material gemachten Strafsenkörpers *a c*, *d a* (Fig. 2.) ist in Hinsicht der Oeconomie und langen Dauer der Strafsen ein wichtiger Gegenstand und verdient die ganze Aufmerksamkeit der practischen Strafsenbaukundigen. Es ist daher nöthwendig, die obere Decke *c. b. d* so stark zu machen, dafs sie weder von den schwersten landesüblichen Fuhrwerken noch vom schweren Geschütze, und zwar bey nasser Witterung, bis auf den Grundbau *a. b. a* durchgedrückt werde. Auch darf der Körper, welcher den Fahrweg bildet, nicht auseinander geprefst werden; man mufs ihn also zwischen zwey Steinreihen *c. d* einschliefsen, die man *Wandsteine* nennt. Nach der Erfahrung, welche die in den Rheingegenden bestehenden Strafsen, auf denen Fuhrwerke geben, von welchen einige selbst die ungeheure Last von zweyhundert Centner laden, darbieten, wird diese Bedingung eintreten: wenn *a)* das Steinpflaster *a. b. a*, nachdem die Gründung *g. h* mit Pferdesturzkarren recht fest so aufgefahren ist, wie ich es in der Deichbaukunde I. B. S. 581. u. s. w. vorgeschrieben habe, in der Mitte eine Dicke von zehn bis zwölf Zoll erhält, und die obern aus klein geschlagenen Bruchstein oder Kies bestehende Decke *c. b. d* sechs bis acht Zoll hoch wird: nämlich, wenn der Strafsenkörper bereits zusammen gefahren ist. Wie diese Steinlagen aber anfänglich beym Bau einzurichten sind, darüber kommt unten das Nähere vor. *b)* Bey blos geschlagenen Bruchsteinen (Fig. 3. *a*) mufs die Decke vier und zwanzig bis sechs und zwanzig, und *c*) bey Kies-Strafsen (Fig. 7. *a. d*) sechs und zwanzig Zoll betragen. Felsenboden hingegen betrachtet man als die Grundlage oder den Grundbau, und es ist daher auf demselben eine Decklage von sechs bis acht Zoll zerschlagenen Bruchsteinen oder Kies hinreichend hoch, wenn die Strafse von Lastwägen befahren wird. Diese Bestimmungen beziehen sich alle auf grofsen Lastwägen mit schmalfelgigten Rädern: denn was solche Strafsen, auf denen breitfelgigte Räder im Gebrauch sind, anbetrifft, oder die von Fuhrwerken mittlerer Schwere befahren werden, welche 100 Centner führen: so mufs ich bemerken, dafs man auch auf die Natur des Bodens Rücksicht nehmen müsse, dafs diese Dicke gröfser beym leichten sandigen Boden als auf Thon festzusetzen sey, und dafs man auch die Härte oder Weiche des Materials, womit die Fahrstrafse gemacht werden kann, und endlich die Gröfse und Schwere der Fuhrwerke, und ob diese breitfelgigte Räder haben, welche eine solche bedeutende Dicke der Decklage nicht nothwendig machen, zu beachten habe.

Die Dicke des Strafsenkörpers ist, ausser in England, wo die breitfelgigten Räder eine sehr geringe Dicke zulassen, indem die Kies-Strafsen zwischen London und Dower, nur ein Kiesbett von 12 bis 15 Zoll Höhe haben, fast überall übertrieben worden, woran ohne Zweifel die Nachrichten Schuld sind, welche man von den römischen Strafsen hat, die uns von ihrem starken Körper erzählen, und dafs sie aus mehrern Steinlagen und Cementgufs gemacht seyen! Zuverläfsig übertreibt man aber die Sache, wenn man glaubt, dafs die Römer guten Cement zu ihren Strafsen

gebrauchten. Man wird nämlich auch beym Aufbrechen einer in unsern Zeiten vollkommnen gut gebauten und musterhaft mit Kalksteinen unterhaltenen Kunst-Strafse, finden: dafs sich in dem Strafsenkörper, mittelst der verschiedenen aufgeschütteten Steinlagen und der darin eingedrungenen Nässe, eine cementartige Masse formirt hat.

§. 6. Ueber die *Steigung* oder den *Abhang der Kunst-Strafsen* verdient folgendes berücksichtiget zu werden, weil die geringst möglichste Steigung zur Schonung des Zugviehes abzweckt. Will man lange Bergstrecken ohne Vorspann und ohne zu harte Anstrengung des Zugviehes befahren, so mufs der darüber führende Weg nicht über drey Zoll auf die Klafter steigen; vier Zoll Steigung darf nicht über zwey bis vierhundert Klafter in einem fortgehen, sonst müssen die auf der Ebene ohne Vorspann gezogenen Lastwägen, für welche man auf guten Strafsen für jedes starke Pferd fünfzehn Centner rechnet, schon Vorspann haben, wenn man die Pferde schonen will *).

Auf jeder Strafse, die mehr als vier Zoll auf die Klafter steigt, müssen die Räder der bergabfahrenden schweren Lastwägen gesperrt werden (an sehr schweren Fuhrwerken geschieht dies bereits bey drey Zoll Steigung) und die Radschuhe, ohne welche die Sperrung untersagt ist, reissen dann das Deckmaterial auf, wiewohl dies bey mit Ketten gesperrten Rädern, worunter kein Radschuh ist, noch mehr geschieht. Es sollte daher jeder Radschuh, um das Aufreissen der Strassendecke so viel als möglich zu verhindern, sieben Zoll breit seyn, weil ein schmälerer auch tiefere Einrisse macht. Bey leichten Fuhrwerken, wenn die Pferde kraftvoll sind, das Geschirr stark und der Fuhrmann vorsichtig ist, darf das Rad erst bey sechs und acht Zoll Steigung auf die Klafter, gesperrt werden, wobey jedoch die Pferde immer leiden, und welches nicht selten mit Gefahr verknüpft ist, weil die Aufhalter zerreissen können. Die Schonung des Zugviehes erfordert es daher auch, dafs die Bergstrafsen dergestalt angelegt werden, damit sie von der Ebene nur allmählig aufwärts steigen, anfänglich mag die Steigung höchstens vier, dann drey, zwey und endlich einen Zoll auf die Klafter betragen. Alsdann lege man die Strafse, wo möglich, wieder eine Strecke horizontal, lasse sie nun abermals vier, drey, zwey und einen Zoll auf die Klafter steigen; damit das Zugvieh einige Erleichterung und Ruhe gewinne, und wenn es ermüdet ist, auf den Gipfel des Berges sanfter steigende Strafsen antreffe, als am Anfang des Berges, wo es seine Kräfte noch nicht zu stark angestrengt hatte; wo möglich aber sollte eine Bergstrafse nicht früher, als bis der höchste Punct erreicht ist, fallen. Je länger sie geführt werden mufs, desto sanfter mache man ihre Lage. Da wo die Ausführung dieser aus der Erfahrung gezogenen Regel, vom Local, nicht zugelassen wird, und die Strafse mit vier und mehrern Zollen Steigung auf sehr lange

*) Bey einem Zoll Steigung beträgt der Steigungswinkel 47 Minuten 44,60 Secunden; bey 2'' einen Grad 35 Minuten 28,10 Secunden; bey drey Zoll 2°. 23'. 09.39 Secunden; bey vier Zoll 3° 10'. 47,38 Secunden; bey fünf Zoll 3° 58' 20,99 Secunden; bey sechs Zoll 4° 45' 49,11 Secunden.

strecken angelegt werden mufs, oder wo der Fuhrmann die Räder des Wagens im Herabfahren zu sperren genöthigt ist, lege man, auf bedeutenden Abständen, die sogenannten Rasten an; das sind flache Rinnen *), welche demnach bey allen steilen Bergstrafsen nothwendig sind. Zu Anlage dieser Kunst-Strafsen ist also ein richtiges Nivellement unentbehrlich.

§. 7. *Von den Kunst-Strafsen mufs das Wasser möglichst abgeleitet werden*, und dieselbe ist gegen *Verschüttung von Steinen und Erde* zu sichern. Man mufs daher den Strafsenkörper, beym trockenen Boden wenigstens zwey Schuh, beym nassen drey bis vier Schuh über das natürliche Terrain erheben, und da, wo das Erdreich wasserhaltig oder thonigt ist, oder die Seitengräben unentbehrlich sind, und das darin gesammelte Wasser unter die Strafse durchgeführt werden mufs, queer durch die Strafsen-Gründung, hölzerne oder besser gewölbte Wasserabzüge, das sind Schläuche oder Durchlässe, anlegen. Ihre Anzahl und Gröfse richtet sich nach der Menge des Wassers, welches durch dieselben abgeleitet werden soll; niemals sollten sie enger als 5′ im Lichten seyn, damit ein Mann dieselben reinigen könne. Nur da, wo der Grund durchaus trocken und die Strafse über das natürliche Terrain mehrere Schuh erhoben ist, auch jeder Seitengraben für sich zur Abführung des Wassers hinreicht, ohne dasselbe auf und in der Strafse zu leiten, oder wo längs solchen Dammwegen das Wssser über das natürliche Terrain abläuft, ohne das Seitengräben nothwendig sind, kann man diese unterirdischen Wasserabzüge (Durchlässe) gänzlich entbehren. Da, wo sie der oben erwähnten Lage wegen geführt werden müssen, mache man sie eher zu grofs und zu zahlreich, als zu klein und in zu geringer Anzahl, weil sonst die von den Bergen kommenden Gewässer den gehörigen Abflufs nicht finden; dann aber, entweder die Strafse übersteigen oder die Wasserabzüge und Brücken, ja, im ersten Fall, die Strafse selbst zerreissen oder wenigstens in den trocken seynsollenden Strafsenkörper eindringen. In so ferne nun hölzerne Durchlässe nur wenige Jahre dauern, mithin öftern Reparaturen unterworfen sind, die nicht allein kostbar, sondern auch dem Fuhrwesen hinderlich fallen, so müssen sie nur dann angelegt werden, wenn es an Bruch- oder Ziegelsteinen gebricht, sonst aber stets steinerne. Die Decke der steinernen Durchlässe mufs auch gewölbt, und nur in Nothfällen mit platten Steinen gemacht werden, weil solche leicht springen, wenn sie nicht sehr hart und grofs sind. Sind dieselben aber hart, so kann man sich ihrer auch zu Decksteinen mit gutem Erfolge bedienen. Hölzerne Durchlässe müssen durchaus mit Erde und Kies bedeckt seyn, damit sie so lange als möglich dauern. Dieses Materiale wird aber erst aufgefahren, wenn die Deckhölzer mit Pfer-

*) Diese Rasten müssen aber, wo schwere Fuhrwerke nicht zu halten haben, und wo leichte noch im Trabe bergabfahren, vermieden werden, weil sie diesen gewaltsame Stöfse verursachen. Verbothen müssen sie aber deswegen auf ebenen Strafsenstrecken seyn, welches Verboth ich in Baiern verfügt habe.

demist oder Wachholdersträuchen belegt sind, weil das Holz dadurch gegen Fäulnifs sehr geschützt wird.

Zuweilen und insonderheit da wo das aus einem Strafsengraben nach dem andern unter die Strafse durchzuführende Gewässer die Höhe der Strafsen-Oberfläche erreicht, werden die oben erklärten Rasten oder Mulden, zur Leitung des Wassers über die Strafse hin, benutzt. In diesem Fall müssen dieselben stets gepflastert seyn und eine grofse sanft auslaufende Vertiefung bilden. Damit aber die Fuhrwerke, wenn sie darüber passiren, geringe Stöfse erhalten, so müssen sie perpendiculär auf den Strafsenzug angelegt werden. Auf diese Weise gleiten die zwey auf einer Axe laufenden Räder eines Fuhrwerkes zu gleicher Zeit in die Raste hinein. Eine Regel, die jedoch leider nur selten beobachtet ist, wiewohl die auf dem Strafsenzuge schräge liegenden Rasten den Fuhrwerken zum Ruine sind, und daran nicht selten Räder und Axen brechen. Eine solche Einrichtung ist insbesondere daselbst den gewölbten Wasserabzügen vorzuziehen, wo die starken Regengüsse von den Bergen viel Steingerölle herunter und auf die Strafse schwemmen, weil dasselbe die gewölbten Schläuche verschüttet *). In so fern aber das über solche Rasten laufende Wasser zur Winterszeit eine Eisdecke formirt, mithin für das Zugvieh gefährlich werden kann, und diese Mulden dem leichten schnell fahrenden Fuhrwerke, Stöfse verursachen, so sind dieselben, ohne dafs sie von den angeführten Local-Ursachen durchaus nothwendig gemacht werden, nicht *häufig* anzulegen, sondern statt ihrer grofse Durchlässe oder Brücken.

So wie nun alle diejenigen Strafsen, welche weder Dammwege sind noch einen festen Steinboden haben; entweder eines oder zweyer Seitengräben bedürfen, um trocken zu seyn, so ist es auch nothwendig, dafs das in diesen Gräbern gesammelte oder eingeflossene Wasser in die nahen Feldgräben, Bäche, Seen und Teiche abfliefse, oder in den Boden verseige. Da, wo also, weder der Abflufs des Wassers, noch dessen Verseigen, wegen Dichtigkeit des Bodens, bewerkstelliget werden kann, mufs man, am Ende der Seitengräben oder auf die dem Locale angemessenen Entfernungen, Gruben oder Wasserfänge, worin sich das Grabenwasser sammelt, anlegen. Je höher indessen die Strafse über das Terrain liegt, und je tiefer und gröfser die Seitengräben sind, je weniger also das Grabenwasser in die Gründung der Strafse eindringen kann, desto kleiner sind die Wasserfänge zu machen. Hieraus und aus der Nothwendigkeit, den Strafsenkörper trocken zu halten, folgt demnach, dafs man auf keine Weise die Zuleitung des Wassers auf Strafsen, weder von den Bächen, noch von den Feldern, Häusern, Hofstätten, Bergabhängen, Quellen und Wiesen; noch tiefe das Wasser aufnehmende Geleise, welche breitfelgigte Räder verhindern, dulden dürfe.

§. 8. Ueber einem wässerigten Thonboden oder über Morästen werden die Kunst-Strafsen, besonders Kies-Chausseen oder solche, welche ohne Grundbau sind, nie-

*) Wo die gepflasterten Mulden dem darüber stürzenden Bergwasser nicht hinreichenden Widerstand entgegensetzen, müssen sie aus Balken gemacht werden.

mals vollkommen trocken und gut seyn, wenn nicht unter dem Fahrbette eine Einbettung von Faschinen gemacht wird, worauf der eigentliche Strafsenkörper zu liegen kömmt. Dieses wesentliche Mittel ist aber noch zu wenig in Anwendung, daher denn auch viele Strafsen in einem schlechten Zustande sich befinden, ja wohl gar nafs und grundlofs sind. Ueber ein solches Buschbett, welches nur unter dem Fahrwege und über schwebenden Morast auch unter die Bankets ausgebreitet wird, werden auf den Seiten, Wippen, (I. B. S. 246.) gelegt, durch die drey Fufs lange und zwey Zoll dicke Pfähle, auf drey Schuh Abstand, geschlagen werden. Die trockene Lage des Strafsenkörpers kann in einem thonigten, lehmigten oder gar morastigem Terrain nicht anders bewirkt werden, als wenn man denselben auf einen Faschinenbau, auf einen Grundbau von Steinen oder auf Steinschüttungen gründet, über dessen Anlage bey der Aufführung der Strafsen das Nähere vorkommen wird. Sorgt der Strafsenbaumeister nun dafür, dafs die Wege, aufserhalb den Ortschaften, eine trockene Lage erhalten, so versteht es sich von selbst, dafs in denselben noch eine bessere Ordnung und Aufsicht Statt finden sollte, weil der Reisende sogleich nach dem Zustande des Pflasters und den Unrathshaufen, welche auf den Ortsgassen liegen, und dem Umstande, dafs die Mistjauche oder das Regenwasser von den Dächern auf die Strafse läuft, die Polizey des Ortes und den Sinn der Bewohner für Reinlichkeit und Oeconomie beurtheilen wird.

§. 9. Die Verschüttung der Strafsen vom Steingerölle, welches die Regengüsse oder Schneelavinen von den Bergen herabführen, anbetreffend: so verdient sie die Aufmerksamkeit der Strafsenbaukunde sehr. Ich will daher zwey der vorzüglichsten Mittel erwähnen, deren man sich bedienen kann, um dieses Steingerölle für die Wege unschädlich zu machen. Das erste Mittel besteht darin, dafs man unterhalb solcher Bergschluchten Fig. 12. *a* Tab. 121, in welchen das Gerölle herabgleitet, über die Strafse hin, ein Gewölbe *a* Fig. 13. oder auch ein hölzernes Plankenbett, welches eine *Schutt-Tenne* genannt wird, anlegt, worunter die Fuhrwerke wegfahren. Die Seitenwände der einen oder andern Vorrichtung müssen so hoch seyn, dafs die Steine nicht seitwärts aus denselben auf die Strafse herausfallen, sondern zwischen diesen Wänden weggleiten, und in den Abgrund stürzen. Diese Vorrichtungen liefsen sich an vielen Gebirgs-Strafsen mit Nutzen anwenden, insonderheit, wenn oberhalb der Schutt-Tenne in dem Thale eine Queermauer oder Balkenwand von gleicher Höhe angelegt würde; die das aus der weiten Bergschlucht auf die Strafse stürzende Wasser und Steingerölle dergestalt beysammenhält, dafs es darüber herabgleiten mufs. Auch zur unschädlichen Ableitung der über Bergabhängen rollenden Schneelavinen, kann man solche Balkenpritschen, unter die der Fuhrmann bequem durchfahren mufs, anlegen. Da, wo die Steine wohlfeil sind, mögen aber dergleichen Durchfahrten aus Gewölben bestehen. Die zweyte Vorrichtung, um Strafsen gegen das aus tiefen Thälern herabrollende Geschiebe oder Steingerölle zu beschützen, besteht in einer solchen dauer-

haften Queerverdammung einer Bergschlucht, d. i. einer Thalsperre, die aber zugleich einen Wassersturz *a* Fig. 16. bildet. Dieses Wehr mufs mit einem massiven Sturzbette versehen seyn, und so weit von der Strafse entfernt liegen, dafs das auf das abhängige Sturzbett gefallene Material und Wasser die Widerlage der Brücke *b* nicht mehr angreiffen kann, sondern unter dieselbe sanft abfliefst, und sich dann in das Bett des nahen Wildbaches, (den ich hier voraussetze) ergiefst. Wehre, die auch öfters nur aus Balkenwänden und Faschinenbau, oder aus Holzkästen, deren Fachwerke mit Steinen gefüllt werden, bestehen mögen, müssen an allen Thälern, aus denen das Wasser in die Strafsengräben fällt, angelegt werden, damit dessen Geschwindigkeit gehemmt ist, bevor es diese Gräben, die Brücken und Durchlässe erreicht; auf diese Weise können diese nicht zerstört werden. Auch kann man mehrere solche Wasserfälle oder Thalsperren hinter einander anlegen; selbst vor jedem grofsen Durchlasse mufs, bey einem starken Abfall der Grabensohle, ein Ueberfall (s. Fig... bey g) statt finden, damit das dadurch strömende Wasser, die Sohle des Durchlasses nicht beschädige. Auch mufs man es bey thonigtem, wasserhaltendem Terrain und bey Bergen, die aus Steingerölle bestehn, weder an den nöthigen Stützmauern längs den Berglehnen, noch an den Verzäunungen und Pflanzungen der Berge oder an Steinböschungen und Balkenwänden niemahls fehlen lassen; endlich auf solchen den Strafsen und Ortschaften gefährlichen Bergen die Waldungen erhalten, und unter keinem Vorwande abhauen oder wohl gar solche Bergabhänge von Busch entblöfsen lassen.

Aber nicht allein die Ableitung des Wassers von der Chaussee bewirkt eine trockene Lage, sondern dazu werden noch andere Maafsregeln nothwendig. Die Strafse mufs nämlich so viel als möglich dem Luftzuge und der Sonne offen stehen, folglich längs Bergen, wo möglich, an der Mittagsseite angelegt werden, und in der Ebene wenigstens zwey Schuh über dem an sie gränzenden Terrain liegen; höher aber noch, wenn dieses nafs und morastig ist. Fig. 4. Tab. 121. In allen Localfällen läfst sich jedoch diese Regel nicht befolgen: Ausnahmen sind, wenn die Strafse in eine Anhöhe eingeschnitten werden mufs, oder wenn sie durch Waldungen und einen durchaus trocknen und aus Kiesel bestehenden Boden geht, welcher die Nässe einsaugt. Besonders kann man sich daher bey Strafsen, welche in Berge eingeschnitten werden, dieser Regel nur nähern, und es mufs sonach der Hohlweg so breit als möglich gemacht und die Wälder auf jeder Seite der Strafse wenigstens auf 4 bis 5 Klafter Abstand von ihren Gräben ausgehauen werden, in welcher letzten Hinsicht auch Verordnungen bestehen, die aber, wie so viele andere nützliche, selten beobachtet werden. Ja, selbst die Einschränkungen der Strafsen und Verzäunungen auf und längs denselben, so wie das Zuackern der Strafsengräben erlaubt sich fast jeder, mit seinem Grunde an die öffentlichen Wege angränzende, Privatmann. So wird also das Eigenthum einer öffentlichen Anstalt jedem zur Benutzung Preis gegeben, wiewohl sie dabey leidet, während dafs man dem Eigennutze des Privaten nachgiebt, und seinen bösen Willen mit tadelswerther Nachsicht erträgt; denn nur selten werden die Strafsenbau-Beamte von den Polizeybehörden unterstützt!

§. 10. *Wir kommen jetzt auf die Auswahl der Strafsenzüge und ihre Richtungen.* Wenn die Strafsen den Zweck haben, das Commerzial- und Postfuhrwesen aufzunehmen, und die Artillerie-Transporte von einer Festung, von einem Waffenplatze und Hafen zum andern, oder nach den Canälen und Flüssen zu erleichtern so sind sie *Hauptstrafsen* (chemins publics) viae publicae, und wenn sie nach den Regeln der Strafsenbaukunde angelegt sind, so nenne ich sie, wie gesagt, *Kunststrafsen.* Dienen dieselben zum innern Verkehr des Landes, und verbinden sie die gröfsten wohlhabensten Landstädte, (nicht aber Hauptstädte, welche letztere Hauptstrafsen bedürfen) Hauptmanufactur-Orte, Flecken und grofse Dorfschaften miteinander, so heifsen sie *Vicinalwege,* (chemins vicinaux) viae vicinales, oder *innere Communicationswege.* Gehen sie von einem Dorfe oder von einem Flecken zum andern, so sind es *Dorfwege* (chemins privés) viae privatae. Endlich giebt es Feldwege. Die zwey erstern sind es nun, welche vorzüglich die Obsorge der Regierung durch Anwendung der Strafsenbaukunde erfordern, wiewohl die dritte Gattung, welche manche auch Vicinalwege nennen, dieselbe gleichfalls bedürfen, wenn sie in einen guten Stand gebracht und unterhalten werden sollen. Ohne Mitwirkung der Landespolizey werden auch diese Dorfwege niemals in einen guten Zustand kommen.

Die Wahl der Haupt- und Vicinalstrafsen hängt daher von der Lage der Handelsplätze, Häfen, Hauptstädte, Festungen und Städte des Landes und der angrenzenden fremden Staaten ab; denn kein Land kann für sich isolirt bestehen, und dessen Verkehr steht mit dem des Nachbarn in inniger Beziehung. Die Hauptstrafsen eines Landes müssen daher dergestalt angelegt oder verändert werden, dafs sie die bequemsten Strafsen für das innere Commerz, den Transito-Handel, die Posten und die Militär-Transporte abgeben, und, so viel Städte als möglich unter einander oder mit Fabrikgegenden verbinden, folglich gröfstentheils in ebenen fruchtbaren Gegenden oder Thälern laufen, und ein fremdes angrenzendes Land vermeiden, damit die Zölle desselben nicht dem Handel und Verkehr beschwerlich werden. Man kann daher immerhin die Länge einer Strafse dadurch vergröfsern, dafs man sie im Lande selbst und nicht in ein fremdes Territorium führt, wenn sie nur bequem ist; selbst im Fall der im fremden Staat zugebende Zoll nicht das Wegegeld für die im Lande gehende Strafse erreicht, und die Zurücklegung der durch das fremde Territorium eine Strecke gehenden Strafse bedeutende Ausgaben verursacht. Lächerlich und strafbar würde es aber seyn, wenn man die Strafsen in einem Lande blos defswegen verlängern wollte, um nur das Fuhrwesen nach dem Wunsche der Wirthe längere Zeit als nothwendig ist, auf den Strafsen zu erhalten.

Hat man nun im Allgemeinen den Zug einer Hauptstrafse nach den obigen wahren Absichten bestimmt, so mufs er zwischen zwey gewählten Städten, durch die derselbe gehen soll, dergestalt geführt werden, dafs er, wo nicht die kürzeste, doch diejenige Richtung erhält, welche für das Fuhrwesen und für die Anlage der Strafsen

die bequemste ist, ohne sich von den Besitzern einzelner Höfe, Landgüter oder den Einwohnern der Dörfer, worin die Strafsen stets schlecht unterhalten werden, und gröfsere Summen kosten, als in freyem Felde, irre machen zu lassen. Standhaftigkeit bey der Wahl zweckmäfsiger Strafsenzüge ist allerdings eine schwierige und mit vielem Verdrufs verbundene Sache, zumal, wenn die Regierung die Ingenieurs nicht mit Nachdruck unterstützt. Soll eine neue Landstrafse angelegt werden, so sucht jede Gemeinde und reicher Landbesitzer sie zu erhalten; es wandern Deputationen zur Residenz; es werden an der Tafel des Fürsten und Ministers, die eigentlich so etwas nicht anhören sollten, Anspielungen auf das Strafsenbau-Departement gemacht; man erbietet sich zu Beyträgen und zu Conkurrenzen, die, wenn es zur Sache kömmt, nicht geleistet werden. Kurz, es wird alles aufgeboten, und selten ohne Erfolg, um dem redlichen nur auf das allgemeine Wohl sehenden und das Local genau kennenden Ingenieur sein Project zu vereiteln, wenn es gegen den Vortheil bedeutender Gemeinden und Landbesitzer geht. Anders ist aber der Fall in solchen Ländern, wo auf fünf und mehrere Meilen kein Dorf oder Trinkwasser oder Herbergen angetroffen werden. Hier wird man über Dörfer, des Futters und des Trinkwassers wegen, Umwege machen müssen, oder es mufs die Regierung Wirthshäuser anlegen lassen; die Sicherheit und Bequemlichkeit des Reisenden vorzüglich zu ihrem Geschäfte machen, und die zu diesen Zwecken erforderlichen Summen gerne hergeben, oder lieber den Bau und die Verbesserungen gar nicht unternehmen. In unsern Zeiten kann nämlich eine Regierung nichts halb thun, ohne sich bey Zeitgenossen und Nachkommen zu compromittiren. Möchte man diese Wahrheit stets vor Augen haben! Die Wahl eines Strafsenzuges — von einer fehlerfreyen Kunststrafse — setzt demnach eine genaue Aufnahme der Gegend, und im Gebirgslande ein richtiges Nivellement vom Strafsenzuge voraus.

Eine gute Kunststrafse mufs auch dergestalt angelegt werden, dafs die Passage weder von den Anschwellungen der Flüsse und Wildbäche, noch von Schneelavinen oder dem Steingerölle und Erdgeschiebe, welches von den Bergen bey heftigen Regengüssen und dem Aufthauen des Schnees herabstürzt oder gleitet, unterbrochen wird und austrockne. Insonderheit sind in gebirgigten Ländern die Wildbäche, welche ungeheure Steine führen, so wie die aus Sand, Thon und Sandsteinen bestehenden und mit Wasser geschwängerten Berge gefährlich für die Strafsen. Diese müssen also, wo es nur immer thunlich ist, vermieden, und die Chaussée auf die Sonnenseite geführt werden, welches jedoch in Gebirgsländern nicht immer geschehen kann.

Der oben angeführten Absicht wird sich der Strafsenbaukundige also so viel, als die Localität und der Zustand des Wegebaufonds es gestatten, nähern; *a*) wenn er die Dammstrafsen (Fig. 5.) wenigstens zwey Schuh über den höchsten Wasserstand der nahen Gewässer anlegt; *b*) dafs er alle Strafsen mit einer zur Abführung des Wassers hinreichenden Anzahl von dauerhaften Brücken und Durchlässen versieht, die sich nach der Wassermasse, welche sich vor der Strafse sammelt, richten mufs.

Bey der Bestimmung der Anzahl von Brücken und Durchlässen und ihrer Gröſse ist besonders auf die Gröſse der der Straſse nahe liegenden Thäler und Bergschluchten, so wie der Bergabhänge zu sehen, welches so oft versäumt wird: denn lange Thäler, in denen sich viel Wasser sammelt, machen in der Straſse mehrere Oeffnungen, als kurze und kleine Thäler, nothwendig. Ueberhaupt ist es rathsamer, eher einige Brücken und Durchlässe mehr und zu groſs, als zu klein und in zu geringer Anzahl anzulegen. *c*) Wenn längs dem Steingerölle und solchen Bergen, welche aus Thonboden, einem kleinen Geschiebe und Sand bestehen, die überdieſs mit Wasser angefüllt sind, Stützmauern, Verzäunungen und Pflanzungen von Weiden und Pappeln anangelegt werden, das Gewässer abgeführt, die Straſse so weit als möglich von der Berglehne entfernt, und *d*) wenn man die längs Bergen gehenden Straſsen, wie vorher gelehrt wurde, dergestalt anlegt, daſs sie der Mittagssonne ausgesetzt sind. *e*) In Gebirgsgegenden muſs der Straſsenzug auch noch so gewählt werden, daſs er so lange in Krümmungen und Wendungen geführt wird, damit das Steigen der Straſsen selten auf die Klafter mehr, als drey, höchstens vier Zoll beträgt. Also muſs man, um die Kosten zu sparen, und der Erleichterung des Zugviehes wegen, die Straſsen in Ebenen verlegen, wenn sie gleich etwas umgehen. Dabey müssen so viel als möglich, die tiefen Einschnitte in Berge vermieden, und lieber in Thälern höhere Aufdämmungen gemacht werden, weil solche Hohlwege naſs bleiben und mit Schnee verwehet werden. Verursachen aber hohe Aufdämmungen groſse Kosten, so muſs untersucht werden, ob Wendungen nicht besser, als solche Dämmungen sind. Eine genaue Kenntniſs des Lokals, Profile, Nivellements und Bauanschläge müssen überhaupt über die specielle Richtung der Straſsenzüge entscheiden. *f*) Bey der Wendung *b c d* (Fig. 19.) ist folgender Umstand nie auſser Acht zu lassen: sie müssen nämlich eine solche Breite erhalten, daſs darauf alles an den schwersten Lastwägen gespannte Zugvieh zum Zuge des Wagens seine sämmtlichen Kräfte anwende. Ist sie ein Theil eines kleinen Kreisstückes, so muſs sie breiter seyn. Kurz, das vordere Paar des Zugviehes muſs noch in derselben Zuglinie, in welcher das hintere Paar zieht, zu ziehen im Stande seyn, wenn der Wagen bey der Wendung ankömmt. In den mehresten Fällen wird man sie also drey bis viermal so breit, als die übrigen Straſsenstrecken machen. *g*) In Betracht der Erleichterung des Zuges muſs auch die Oberfläche der Wendung, wo möglich, nach der Länge der Straſse von *b* nach *c* Fig. 18. horizontal gehen. Es ist daher ein groſser Fehler, wenn diese Regel nicht beobachtet wird; denn selbst beym Herabfahren ist der Abfall einer Wendung gefährlich. Endlich muſs man die Wendung in einen so groſsen Bogen, als nur immer thunlich ist, anlegen, weil, wie gesagt, darauf das Zugvieh seine Kräfte besser und leichter anwenden kann, als auf jähen Biegungen.

Da die Unterhaltung, der täglich, ja stündlich sich abnutzenden Straſsen kostbar ist, so muſs man sie auch, wo es nur immer thunlich ist, den Gegenden, worin

steinbrüche oder Kiesgruben eröffnet werden können, oder den-, für sie unschädlichen und Kiesel führenden Flüssen so nahe als möglich, anlegen. Selbst auf die Anwendung einiger bedeutenden Summen: bey *der Anlage der Strafsen*, kann bey solchem Local nicht gesehen werden, weil die Unterhaltung fortdauernd ist, also noch mehr Rücksicht als jene verdient, wenn wahrhaft ökonomisch, d. i. auf die Zukunft gerechnet wird. Es ist daher sehr zweckwidrig, wenn man zur Schonung der Grundstücke oder um deren Ankauf zu vermeiden, die Strafsen den ehemaligen Dorfswegen nachführt, wie so häufig in Deutschland und England geschehen ist. Die Nachkommen machen hierüber den Anlegern stets Vorwürfe, und das anfänglich für die Entschädigung anzulegende Capital kommt bey der nachherigen Unbequemlichkeit, dem unnützen Zeit- und Geldaufwande, den krumme Strafsen oder solche, die von Steinbrüchen und Kiesgruben entfernt sind — verursachen, gar nicht in Betracht, und ist dagegen kaum der Erwähnung werth, so theuer auch die Grundstücke seyn mögen. Aber auch hierbey mufs die Regierung klug und consequent seyn, und nicht den Strafsenbaukundigen zur Parthey gegen die Grundeigner machen wollen, sondern ihn unterstützen, ja — indem sie ihnen billige Entschädigungen zuerkennt — dieselben zurück weisen, so reich, angesehen oder ungestümm sie auch seyn mögen. Wo sie aber schwach ist, da wird man auch in unsern Zeiten den Strafsen fehlerhafte Richtungen anweisen, ohne dafs dem Strafsenbau-Departement defshalb ein Vorwurf gemacht werden kann. Möchten doch solche Reisende, welche so bereitwillig sind, die bestehenden Fehler den Baubeamten beyzumessen, diese Stelle lesen!! Aus allem diesem geht hervor, dafs die Strafsenzüge nicht nach Provinzialrücksichten, sondern nach dem Vortheil des gesammten Staats bestimmt werden müssen, dafs daher die Central- und nicht die Provinzialstellen die Vorschläge dazu entwerfen sollten.

In Flufsgegenden ist eine Kunststrafse zugleich dergestalt zu führen, dafs sie einen Damm gegen die Ueberschwemmungen abgiebt; folglich mufs sie zwey bis 4 Schuh über die höchsten strömenden Gewässer hervor ragen, und das Ueberschwemmungsprofil nicht über die von der Wasserbaukunde angegebenen Regeln schmälern.

Endlich mufs man bey der Wahl der Strafsenzüge so wie auch der Brückenplätze auf die Vertheidigung des Landes bestimmte Rücksicht nehmen, und zu den Festungen nur wenige Strafsen hinführen, auf einer gewissen Entfernung davon mehrere vereinigen, so, dafs die Festung die Hauptstrafsen sperre und beherrsche. Ehe diese in ein solches Land, dessen Beherrscher kein Alliirter ist, treten, müssen sich mehrere vereinigt haben, damit so wenige als möglich in dieses Land eingehen. Diese wenigen sind aber gut zu unterhalten, durch Pässe oder längs Festungen und leicht zu befestigende Positionen zu führen, damit sie im Fall der Noth vertheidigt werden mögen. Die Widerlager der bey Engpässen liegenden Brücken sollten Minenkammern enthalten, damit man sie im Fall der Noth sprengen könnte.

§. 11. Auf guten Strafsen müssen nun auch die Reisenden 1) mit Sicherheit *a*) gegen das Umwerfen, *b*) gegen Räuber; 2) mit Annehmlichkeit, in der möglichst kürzesten Zeit fortkommen. Das Umwerfen kann aber nur verhindert werden *a*) wenn die Oberfläche der Kunststrafse nicht zu convex und nach der oben angegebenen Form gemacht ist, und *b*) die Strafse bequeme Abfahrten in Städten und Dörfern oder nach Kreutzstrafsen hat. *c*) Wenn auf ihr weder tiefe Löcher noch Geleise angetroffen werden, sondern sie stets gut unterhalten wird. *d*) Wenn man sie so viel als möglich vom hohen Schnee und dem Steingerölle rein hält. *e*) Die Geleise vor dem Eintritt eines Frostes eingescharrt werden, damit sie nicht frieren, und hohe harte Rücken bilden. *f*) Wenn die Strafsen die bestimmte Breite, und Gebirgsstrafsen eine nach dem Abhange des Berges zu geneigte Oberfläche erhalten, *g*) wenn des Winters auf stark gewölbten Strafsen alle 10 bis 20 Klafter ein Vorrathshaufen bald rechts bald links auf den Bankets liegt, endlich wenn *h*) längs den Stellen, die auf den Seiten hohe Futtermauern haben (Fig. 8. Tab. 121.) eine Schutzmauer, ein und einen halben, bis drey Schuh hoch angebracht wird, oder wenn die schrägen Böschungen der Strafse mit Bäumen Fig. 5. besetzt werden, welche dem Fuhrmann zu Nachtszeit die sichersten Wahrzeichen sind. Diese Bäume, welche italienische, deutsche und canadaische Pappeln seyn mögen, weil solche schnell auf jedem Boden, in einem geringen Abstande, der 12 bis 16 Schuhe betragen mag, wachsen, ersetzen die Schutzmauern vollkommen; machen eine bedeutende Ersparnifs, ja sie werfen sogar für die Strafsenbau-Kassen beträchtliche Einkünfte ab. Dagegen sind aber die hölzernen Geländer äufserst kostbar, werden zu Winterszeit gröfstentheils entwendet und verbrannt; sie faulen auch in wenig Jahren. Erfordern daher eine stete Aufsicht und Ausgabe, und sichern dennoch den Fuhrmann gegen das Umwerfen nicht: denn wenn er bey Schneewehungen oder zur Nachtszeit mit seinem Wagen umwirft, derselbe auf ein solches Geländer fällt, so bricht es zusammen, ja der Wagen stürzt in den Abgrund. Ueberdiefs sind die Kosten solcher hölzernen Geländer auch so beträchtlich, dafs sie von der Strafsenbau-Kasse nicht bestritten werden können, daher denn davon an den Strafsen viele Reste anzutreffen sind.

Werden aber die Bäume auf die Böschung gesetzt, und zwar auf den oben bestimmten Abstand kreuzweise, so ist das Herabfallen eines Wagens fast nicht zu befürchten, wenn der Fuhrmann auch nachläfsig wäre. Uebrigens sind nur in wenigen Fällen und bey sehr jähen Abgründen Schutzmauern nothwendig, wenn die Strassen eine gehörige Breite haben, weil eines Theils die Pferde selbst zur Nachtszeit nicht von der Strafse weichen, und andern Theils auch der Fuhrmann bey Bereisung gefährlicher Strafsen, auf seiner Hut ist. Auch läfst man, wie gesagt, Vorrathshaufen auf den Bankets liegen, um das Abweichen von der Strafse zu verhindern.

Zur Annehmlichkeit gehört aber ferner noch, dafs die Reisenden bequeme und billige Wirthshäuser, welche von der guten Polizey, und dem Wohlstande der Landes-

bewohner Beweise sind, finden; dafs da, wo die Gegenden nicht sehr bevölkert sind, dennoch an der Strafse in Brunnen gesammeltes Trinkwasser angetroffen werde.

Der Bequemlichkeit wegen lege man da, wo es seyn kann, bey allen Stundensäulen, auf den frequentesten Strafsen, in der Nähe der Hauptstädte unter Bäumen, auf 2 Stunden Entfernung, Ruhebänke an. Eine von der Humanität der Regierung zeugende Einrichtung! Ferner pflanze man längs den Strafsen Bäume, insonderheit wenn die Strafse eine trockne Lage hat. Solche Alleen werden den Reisenden einen angenehmen und zeitverkürzenden Anblick gewähren, ihm gegen die Sonnenhitze eine Erquickung verschaffen, und ihn zur Nachtszeit gegen das Abweichen von der Strafse sichern. Diese Alleen sind auch daselbst gut, wo die Strafse zwischen zwey Oerter etwa einige Meilen lang gerade gehet, und den heftigen Winden sehr ausgesetzt ist.

§. 12. In so fern die Unterhaltung der Strafsen mehr oder weniger Kosten und Sorgfalt erfordert, je nachdem das darüber fahrende Fuhrwerk beschaffen ist, so gehört allerdings dessen Einrichtung für den Strafsenbau. Die hundert und zweyhundert Centner tragenden Lastwägen zerstören in kurzer Zeit die besten Strafsen, wenn ihre Räder schmale Felgen haben, welche unsern Fuhrwerken gemein sind. Besonders verderben die Gabel- und zweyrädrigten Frachtwägen die Strafsen, weil aus ihren zwey Zoll schmalen Radschienen ein Zoll starke Schiennägel hervor stehen, womit dem Strafsenkörper tiefe Geleise eingeschnitten werden. Ein anderer Fehler unserer Fuhrwerke besteht darin, dafs sie zu kleine Räder und zu dicke Axen haben. Ein dritter findet in der Ungleichheit und der Nähe des Abstands ihrer Räder statt, und ein vierter ist darin anzutreffen, dafs die Fuhrleute die Lasten zu hoch laden.

Was die breitfelgigten Räder der Frachtwägen anbetrifft, die schon längst in England angewendet, und in Frankreich seit einigen Jahren verordnet sind, so ist es klar, dafs sie die Strafsen schonen, indem sie die von schmalfelgigten Rädern gemachten Geleise wieder zufüllen, und die Strafsen gleichsam *ebenen*. In allen Ländern, wo gute Chausséen sind, wird man also breitfelgigte Räder und ein und dasselbe Wagengeleis einführen. Aus dieser Einrichtung entsteht, nach allen gemachten Erfahrungen der Vortheil: dafs gröfsere Lasten, mit gleicher Anzahl von Pferden, fortgezogen werden können. Wer sich hiervon näher überzeugen will, der findet die in Frankreich über den Nutzen der breitfelgigten Räder angestellten Versuche in dem Anuaire des ponts et chaussées. Auch hat der Graf von Rumford am 15. April 1811 im französischen Institut eine sehr interessante Abhandlung über diesen wichtigen Gegenstand gelesen, die auch ins Deutsche übersetzt ist.

Die Höhe der Räder oder den Stand der Axe an den Fuhrwerken betreffend: so ist es nach der Mechanik bekannt, dafs die Zuglinie horizontal, und der Durchmesser des Rades so grofs, als der Bau der Wägen und die Dauer der Räder es zuläfst, seyn sollte. Derselbe sollte nach der Erfahrung bey den vierräderigten Frachtwägen 5½ Pariser Fufs; bey den zweyräderigten 6 Pariser Schuh betragen. *a*) Weil

die Zuglinie alsdann horizontal und auf die Mitte der Brust der grofsen Zugpferde fällt. *b*) Die Speichen bey höhern Rädern sich aus der Nabe geben, wenn man nicht doppelte Speichen machen lassen, und das Rad kostbar und schwer haben will; denn es erfordern schon die Räder von fünf Schuh Höhe sehr starke Naben; *c*) und endlich Fuhrwerhe mit höhern Rädern leicht umwerfen würden. Ein Umstand, welcher den Fuhrmann zwingt, der schlechten Wege wegen, kleine Räder (bey den vierräderigen Fuhrwerken) zu gebrauchen, wiewohl er den Vortheil höherer Räder einsieht. Die Räder der Oeconomiewägen sollten, weil die Pferde mittlerer und kleiner Gattung sind, 4½ Pariser Schuh zum Durchmesser erhalten, und wenn sie nicht mit Eisen beschlagen sind, vier Schuh, weil höhere Räder ohne eiserne Reifen schwerlich haltbar seyn können. Diese Höhe wird die Zugstränge oder Zugriemen nach einer mit dem Theil des Weges, worauf die Pferde und der Wagen stehen, parallelen Richtung anspannen, wodurch also der Zug erleichtert wird. Bey grofsen Pferden wird dann die Zug-Waage über, bey kleinern unter der Deichsel angelegt, welches erstere auch beym Hinaufziehen auf Bergen den Zug der Pferde erleichtern kann.

Bey den Lastwägen sollten die Axen so klein, als möglich, folglich von Eisen, und die Büchsen von Messing seyn, um die Reibung zu vermindern, und die Fortbringung der Last zu erleichtern. Geschmiedete Axen sind für die gröfsten Lastwägen stark genug, wenn sie an dem vordern Theil der Nabe, wo die Radschraube oder die Lünse angeht, zwey Pariser Zoll, und an dem hintern oder innern Theil, das ist an dem Schemel, drey Pariser Zoll dick sind. Bey kleinern Fuhrwerken mögen diese Dimensionen verringert werden. Im Innern der Büchse bleibe aber eine einen Viertel Zoll breite und tiefe Rinne, nämlich am ganzen Umfange derselben, damit die Wagenschmiere sich darin erhalte, und wenig davon aus der Büchse auslaufe. Uebrigens mufs die Axe nicht cylinderisch, sondern konisch gedrehet seyn, um die Reibung der Büchse an die Axe zu verringern, die jedoch nicht schlottern darf, weil die Räder sonst leichter brechen. Auch sollten, wie gesagt, die Büchsen von anderm Metall als die Axen seyn; diese nämlich von Kupfer und Messing oder Glockengut, und jene von Eisen. Beyde Vorschriften werden auch von geschickten Wagenmachern befolgt. Giebt man den leichtern Wägen geschmiedete eiserne Axen, so sind dieselben für die gröfsten stark genug, wenn sie an dem vordern Theil der Nabe, wo die Radschraube ist, 1½ Pariser Zoll, und an dem hintern oder innern Theil zwey Pariser Zoll dick sind.

Bey hohen Rädern ist es jedoch nothwendig: eine eiserne Scheibe zwischen dem Absatze der Axe und der Nabe, die 15 bis 18 Zoll im Durchmesser erhält, zu schieben, damit die Nabe daran anstofse, ein freyeres Spiel habe, und dennoch nicht schlottere. Auch mögen bey schweren Fuhrwerken die Speichen des Rades in die Nabe versetzt, d. i. nach zwey auf der Oberfläche der Nabe eingerissenen Kreisen wechselsweise darin gestemmt werden. Vollkommen cylindrisch sollten die Räder

nur alsdann gemacht seyn, wenn sie durchaus ebene Strafsen befahren, folglich nicht Geleise einschneiden; denn die Räder mit seitwärts ausgebogenen Speichen werfen die Erde oder das Material aus dem Geleise aus, und auf diese Weise wird der Zug des Wagens erleichtert. Aus den Radschienen sollten keine Nägel mit eckigen Köpfen hervor stehen, weil dieselben das Strafsenbau-Materiale zermalmen. Man sollte daher, wie diefs in Frankreich vor einigen Jahren geschehen ist, verordnen, dafs solche Nagelköpfe flach seyn, und über die Radschiene höchstens $\frac{21}{100}$ Zoll hervor ragen.

Der Abstand der Räder an einer Axe oder die Weite des Geleises ist wichtiger, als sich viele Cameralisten und Fuhrleute vorstellen, und verdient die Aufmerksamkeit der Regierungen. Enge Geleise sind nämlich deswegen nachtheilig, weil zwischen denselben die Deichsel- und Stangenpferde mit gebogenem Leibe ziehen müssen, indem sie sich nach der Deichsel hindrängen. Sie werfen daher die Vorderfüfse übereinander, die auch, wie die Erfahrung lehrt, in Kurzem steif werden. Zu enge Geleise erfordern daher einen stärkern Kraftaufwand, als solche, die eine zweckmäfsige Breite haben; *das sind diejenigen, zwischen denen die Pferde der Länge ihres Körpers nach parallel mit der Deichsel laufen können.* Aber auch zu breite Geleise sind nachtheilig, weil sie den Gebrauch dicker Axen, die das mechanische Moment verringern, nothwendig machen, mithin den Widerstand vergröfsern, und dazwischen die Deichselpferde bald rechts bald links ziehen, folglich ihre Kraft unnütz anstrengen. Endlich ist es für die Erhaltung der Strafsen und für die Erleichterung des Fuhrwerks wesentlich nothwendig, dafs nur *ein* Geleise bey den schweren Lastwägen, und *ein zweytes* bey dem leichten Fuhrwerke statt findet, weil alsdann der Zug des Fuhrwerks in den auf den Strafsen befindlichen unbedeutenden Geleisen erleichtert wird, und die breitgeleisigten Frachtwägen, einen der von den schmalgeleisigten leichten Wägen in der Strafsenoberfläche verursachten Einschnitte wieder zudrücken. Wenn man nach dem Maafse der grofsen Pferde rechnet, so ist der Abstand der Räder im Lichten oder für die Weite eines Geleises $4\frac{1}{2}$ Pariser Schuh am zweckmäfsigsten. Da aber das Geleise in Frankreich im vorigen Jahre zu 4 Fufs 7 Zoll bestimmt ist, so wird es besser seyn, dieses Maafs dafür auch in Deutschland anzunehmen, damit die Fuhrleute wechselseitig bequem in dem einen und andern Reiche fahren können. Für das Oeconomiefuhrwerk und die leichten Wägen sollte man nur 4 Pariser Schuh annehmen, weil dieses Geleise den kleinen Pferden vollkommen entspricht, und den engern Dorf- und Feldwegen angemessener, als ein gröfseres ist. Die Bestimmung dieses Geleises würde auch den Landmann und Kleinstädter nöthigen, die innern Communications-, Dorf- und Feldwege auszubessern, und wenigstens von den jetzigen tiefen Geleisen zu befreyen, weil sie sonst darauf mit dem breitgeleisigtern Fuhrwerke nicht fortkommen könnten. Die Verordnung über das Geleise würde daher für den Zustand aller Wege, wie auch für alle Gewerbe und die Agrikultur von den wichtigsten Folgen seyn, weil dadurch die Kräfte des

Zugviehes geschont, und bessere Wege entstehen werden. Man müfste jedoch, wie es in Preufsen geschieht, den Wagnern die Verfertigung anderer Axen bey einer bedeutenden Strafe untersagen, weil ein solches wohlthätiges Gesetz auf keine andere Weise in Erfüllung gehen kann. Auch müfste dieses auf die oben bestimmte Gröfse der Räder angewendet werden, so dafs kein Wagner bey 5 fl. Strafe ein kleineres Rad verfertigen dürfte. Gegenwärtig ist die Unbequemlichkeit, welche aus den verschiedenen Geleisen für die die Kunst-Strafsen benutzenden Fuhrleute entsteht, sehr grofs.

§. 13. Von der Art der Ladung will ich hier nur bemerken, dafs die gröfste Last so tief als möglich, ja, wo es thunlich ist, selbst unter den Axen angebracht werden sollte, weil nach den Grundsätzen der Mechanik hiedurch der Zug der Pferde erleichtert wird.

Diese Materie kann ich nicht beschliefsen, ohne den Regierungen die Verbesserung der Fuhrwerke recht angelegentlich zu empfehlen. Ja, es ist unerklärbar, warum man die nützlichsten Werkzeuge und Maschinen nicht durch allgemeine Verordnungen einführt. Wie wichtig für alle Gewerbe und für die Oekonomie sind nicht die Fuhrwerke, die Schubkarrn, die Holzaxen, der Pflug, die Egge, die Schaufel und der Spaden! Nichtsdestoweniger wird man dieses in wenigen Ländern zweckmäfsig finden, während grofse Sammlungen von fremden Künsteley-Producten, die zu nichts nutzen, für theures Geld in den Bibliotheken und Kunst-Kabineten gekauft werden, da man doch für diese Summen jene Werkzeuge und Fuhrwerke verbessern und durch Anschaffung und Vertheilung mehrerer Exemplare, so wie durch ein Gesetz, ihre Einführung bewirken könnte.

§. 14. Bey der neuen Anlage und Unterhaltung der Kunststrafsen ist die Gewinnung und der Transport eines guten Materials sehr wichtig. 1) Der Grundbau einer Kunststrafse, wozu auch im Nothfalle weiche Steine genommen werden können, weil derselbe dem Eindrucke der Fuhrwerke nicht ausgesetzt ist, kann bestehen: aus Basalten, Graniten, Laven, grofsen Feldsteinen oder Wacken, Porphyren, Hornstein, Marmor und Kalksteinen aller Art, festem Thonschiefer, Sandsteinen, Quarz, Serpentin, Gneis, Glimmer, Schiefer, Hornblende, Tufstein, Kalkspath, Pechstein, Flufsspath, Halbogal, Spiesglas, Mandelsteinen, verhärtetem Mergel, Nagelflue, Feuersteinen, so wie auch aus Eisen- und Kupferschlacken. 2) Zu den Pflasterstrafsen sind die fünf ersten Steingattungen oder gut gebrannte Ziegel brauchbar. Zur ersten Bedeckung des Grundbaues der Steinstrafsen können nicht nur alle diese Steingattungen, wenn sie zerschlagen sind, sondern auch der Flufs- und Feldkiesel, alle gut gebrannte Ziegel, Eisen- und Kupferschlacken gebraucht werden. Zur Decklage sind aber jene Steine, je nachdem sie härter und runder sind, brauchbarer. Die Wacken der, Quarz, feste Kalksteine, Basalte und der Feuer- oder Glaskiesel sind jedoch dazu am befsten. Was aber die Kupfer- und Eisenschlacken anbetrifft; so bleiben sie wegen

ihrer scharfen Ecken für die Hufe des Zugviehes und wegen des unangenehmen Staubes, den sie, zermalmt, verursachen, für die Decklage nicht brauchbar. Endlich kann man sich auch zur Gründung einer Bruchstein-Strafse ohne einen Pflastergrundbau, oder zur ersten Decke des Grundbaues, gut gebrannter alter Ziegelsteine, oder des vom Kalk so gut als thunlich gesäuberten Mauerschuttes bedienen; insbesondere, wenn darauf eine vier Zoll hohe Decke von festem Kies geworfen wird. Den Vortheil der Anwendung solcher gebrochenen Ziegel beweifst ein Theil der von Mestre nach Treviso und von München nach dem Dorfe Sendlingen führende Chaussee, welche letztere ich auf diese Weise zum Theil habe herstellen lassen; die beständig trocken sind, weil die Ziegel die Nässe einsaugen. Auch sind mehrere Strafsen und Wege auf den Dämmen in Holland so construirt. Es sollte demnach in der Nähe grofser Städte nicht der Unfug geduldet werden, den befsten Mauerschutt in Gräben und Gewässer zu werfen, sondern auf Sammelplätzen an den öffentlichen Landstrafsen, wodurch bedeutende Summen erspart würden *).

Vorzüglich mufs der Baukundige sich überall in dem Staate, worin er bauen soll, nach den Baumaterialien umsehen, und die den Strafsenbau verwaltende Stelle mufs eine Sammlung der befsten Baumaterialien besitzen, die Regierung ertheile überdies an diejenigen, welche gute Materialgruben und neue Steinbrüche entdecken, Belohnungen.

Zuweilen wird auch die Ableitung des Wassers von den Steinbrüchen oder Kiesgruben nothwendig, und da, wo im Herbste und im Winter das Wasser in den Gruben steht, mufs der Kies im Sommer gewonnen werden, welches aus den Flüssen bey ihrem niedrigsten Stande geschehen sollte, das aber leider! meistens verabsäumt wird. In Gruben, worin der Kies von sehr verschiedener Gröfse ist, mufs der grofse, mittlere und kleine für sich sortirt werden, weil die einzelnen grofsen Steine Schlaglöcher in die Strafse machen und dem Fuhrwerke Stöfse verursachen. Wo es sich der Mühe

*) Zu den Strafsen, welche in Nordholland längs der Nordsee auf den Dämmen gehen, die freylich blos von leichtem Fuhrwerke befahren werden, bedient man sich der Seemuscheln zur Decklage, die äufserst eben ist. Aber in einigen Ländern bedeckt man die Steinlagen mit Erde und Thon. Dieses Verfahren wird damit entschuldigt, dafs es der eckigten Bruchsteine wegen zur Schonung der Hufe und Klauen des Zugviehes nothwendig sey. Ein, keine Rücksicht verdienender Vorwand; denn eine mit Erde beschüttete Strafse wird beym ersten Regenwetter mit Schlamm bedeckt, folglich schlecht seyn. Es müssen daher die harten und scharfeckigten Steine nur sehr klein zerschlagen werden, damit sie für die Hufe des Zugviehes nicht zu scharf sind; und da, wo sie mit Kies bedeckt werden können, sollte es zur Schonung des Zugviehes geschehen.

Eben so fehlerhaft verfahren diejenigen, welche auf den einzelnen Steinlagen im Strafsenkörper selbst, Thon und Erde, während des Baues, schütten. Dieses drückt sich nämlich ungleich zusammen, saugt die von oben kommende Nässe, als z. B. die heftigen Regengüsse und den auf der Strafse liegenden und beym Thauwetter aufgehenden Schnee ein, und so verdirbt die Strafse in kurzer Zeit!

lohnt und an kleinem Kiesel Mangel ist, müssen die auf Haufen gelegten grofsen Steine gleich in der Grube, die auf die Strafsen gebrachten aber in Haufen zerschagen werden, weil auf diese Art dies leichter geschieht, als wenn sie einzeln liegen. Solcher Kies, der viele Erde, Thon und Lehmtheile enthält, ist durch ein von Drath geflochtenes Gitterwerk, oder zwischen hölzernen prismatischen auf einem Rahmen genagelte Stangen durchzuwerfen, und zwar bey trockener Witterung, damit die Kiesel vor das Wurfgitter, die Erde und der Thon aber durch dasselbe fallen, welches bey nasser Witterung nicht geschieht, indem alsdann beyde letztern an den Kieseln kleben bleiben. Diese Absonderung ist sehr nöthig, da sonst die Strafsen niemals fest und dauerhaft werden können. Das Durchwerfen darf daher bey allem solchen Materiale, worin die erwähnte Mischung statt findet, eben so wenig als die Aufsuchung guter Materialien unterlassen werden. Ja, diejenigen, welche zur Ersparung der ersten Ausgaben den nahe an der Strafse oder an der Erdoberfläche liegenden weichen Bruchstein oder Kies nehmen und den weiter entfernten, oder tiefer liegenden Basalt oder Granit und Feuerkiesel nicht anwenden, würden zweckwidrig handeln, weil die jährliche Conservation mehr als beym Gebrauch fester Materialien kostet.

Was nun die Baumaterialien und das Steinsprengen, so wie der Transport der Materialien ferner anbetrifft: so beziehe ich mich auf das hierüber im II. Bande S. 475; 515 u. s. w. Vorgetragene, und bemerke nur noch: dafs die in Fig. 29. und 30. Tab. 121. dargestellte Schubkarre, die Fig. 26. bis 28. gezeichneten Wippkarn und die in Fig. 22. und 34. angegebene Steinkarre, den Transport der Materialien sehr erleichtern werden.

Das Zerschlagen der Steine und Kiesel geschieht in den Steinbrüchen, in den Kies-Gruben oder auf der Strafse selbst, und dazu bedient man sich des eisernen Schlägels, welcher oberhalb der 37ten Figur gezeichnet ist. Die gröfsten Schlägel müssen auf der einen Seite eine $\frac{1}{4}$ Zoll scharfe Kante haben und vier Pfund schwer seyn, die kleinern müssen $4\frac{3}{4}$ bis $6\frac{1}{4}$ Zoll lang seyn, $1\frac{1}{10}$ bis $1\frac{1}{4}$ Zoll dick und 31 Loth bis 1 Pfund 16 Loth wiegen, und auf jeder Seite eine drey Linien starke Kante erhalten, die aus gehärtetem Stahl bestehen mufs. Damit die Arbeit oder der Gebrauch solcher Schlägel erleichtert, d. i. in den Armen oder Händen der Arbeiter keine Rückprellung verursache, und der Fall des Schlägels auf die Steine verstärkt werde, so mufs dessen Stiel lang und dünne seyn, überdiefs aus elastischem Holze, d. i. aus Hasel oder Birken bestehen. Die Länge des Stiels betrage nach der Erfahrung $4\frac{1}{2}$ Schuh und die Dicke $\frac{3}{4}$ Zoll.

§. 15. *Bey der Aufführung oder dem Bau neuer Kunst-Strafsen oder Chausseen ist folgendes zu beobachten.* Ehe der Entwurf zu einer neuen Strafse gemacht werden kann, mufs im Allgemeinen der Strafsenzug nach einer Untersuchung und Aufnahme der Gegend angegeben seyn, wo man alsdann denselben ausmittelt und fest bestimmt, sobald auch von Bergstrafsen das Nivellement gemacht ist. Dasselbe kann mit der im ersten Bande sehr vollständig beschriebenen Schröderschen Wasser-

wage, womit zugleich der der Strafse zu gebende Fall abgesteckt wird, bewerkstelliget werden. Es wird sich öfters in felsigten Gegenden der Fall ereignen, dafs man sich an Bäumen und Felsen festbinden und mit Seilen herunter lassen mufs, um die Aufnahme und Absteckung der Strafse zu bewerkstelligen. Zugleich mufs dann die Sonderung und Beschreibung des Bodens, der Kies- und Steingruben oder der Orte, wo sie errichtet werden sollen, angegeben seyn. Es müssen genaue Erkundigungen über das Anschwellen der in der Nähe der Strafse befindlichen Gewässer, von dem Anlegen des Schnees, dem Absinken des Erdreichs, und von allen übrigen Localitäten, die einen Einflufs auf die Beschhaffenheit der Strafse haben, eingezogen werden. Vorzüglich mufs man die bessern Bau-Materialien aufsuchen. In der geometrischen Aufnahme des Strafsenzuges sind die Grundstücke, selbst wegen Entschädigung der Grund-Eigenthümer, anzuzeigen, damit nach Vollendung des Baues nicht eine abermalige Aufnahme nöthig werde. Kurz, der specielle Entwurf einer Strafse mufs alles erschöpfen, was der Ausführung vorangeht und worauf sie begründet werden kann.

2) In so fern eines der wesentlichsten Stücke einer Kunst-Strafse die *Gründung* oder der eigentliche aufgefahrene Strafsendamm ist, mittelst welcher man die Strafse über das nahe liegende Terrain, je nach der Localität erheben mufs, ist: so ist es wohl der Sache angemessen, wenn ich mit *der Darstellung von der Anlage einer eigentlichen Dammstrafse* den Anfang mache. Solche Dammstrafsen können nur auf zweyerley Art angelegt werden: *a*) entweder auf die Krone oder Oberfläche des Dammes, Tab. 121. Fig. 5., oder *b*) hinter dem Damme Fig. 31. Das letztere ist insonderheit wegen der mindern Ausgabe, die es verursacht, weil des Dammes Stärke verringert werden kann, wenn eine Strafse auf dessen Krone nicht angelegt wird, sehr zu empfehlen. Hierdurch entstehet auch für die Reisenden die Bequemlichkeit, dafs sie hinter dem Damme mit mehrerer Sicherheit gegen das Umwerfen fahren, und gegen die heftigen Winde gedeckt werden, denen sie auf hohen Dämmen ausgesetzt sind.

Ich mufs demnach erst die Art und Weise zeigen, wie der Damm selbst aufgeführt wird, ehe ich die Anlage des Strafsenkörpers lehre. Und da es sich ereignen könnte, dafs ein solcher Dammweg gegen den Angriff eines Stromes oder der Wellen mit Uferwerken zu sichern ist, so beziehe ich mich auf das in dem ersten Bande dieses Werkes vom Ufer und Flufsbaue vorgetragen; hiezu bin ich defswegen genöthiget, weil sonst in dieser Abtheilung, woraus eine unnöthige Wiederholung entstände, ein Theil des Flufs- und See-Uferbaues abgehandelt werden müfste.

3) Das erste, was nun bey der Anlage einer solchen Dammstrafse bestimmt werden mufs, ist das Queer-Profil *a*, *b*, *c*, *d*, *f*, *g* Fig. 31. *). Dasselbe bestehet

*) Werden die Dämme längs Gebirgswässern, die mit grofser Geschwindigkeit fliefsen, und deren Ufer keine gute Deicherde, sondern nur Kies und Steine hergeben, angelegt: so führe man die-

aus dem natürlichen Boden *a g*, der *Krone* oder *Kappe d e*, aus der *äussern Böschung e, f, g*, der *innern Böschung c d*, und der eigentlichen *Dammberme b c*, worauf die Strafse angelegt wird. Eine solche Damm-Strafse mufs nun dergestalt angelegt werden, *a*) dafs ihre Oberfläche *b c* stets vier Schuh über dem Quellwasser liege. *b*) Ihr Zug mufs so bestimmt seyn, dafs sie, im Fall dieselbe längs einem Flusse geht, in dem Bug solcher Flufskrümmen — die für den Lauf des Flusses nachtheilig sind, das ist Eisstopfungen verursachen, mithin den Lauf des Flusses stören, Sandbänke und Inseln, ja auch Ueberschwemmungen hervorbringen — nicht hineingelegt werde.

Zur Vermeidung aller Wiederholung verweise ich den Leser: wegen der Höhe, Böschung und der Entfernung des Dammes vom jenseitigen hohen Ufer oder dem gegenüber liegendem Damme, der Aufführung der Strafsendämme, der Compression der Erde und den Rücksichten, welche dabey eintreten, auf die im I. Bande abgehandelte Deichbaukunde.

Ist dann der gesammte Dammkörper *a k b m c d e f* und *g* Fig. 31. T. 121. vollendet, so wird darauf, wie das Profil zeigt, entweder eine Bruchstein-, oder Kies-Strafse *b c* nämlich hinter dem, den Strom abhaltenden Damm *c d e g* aufgeführt. Das Banket *b n* mufs auch aufgekarret seyn, weil es dem Körper des Fahrweges zum Widerlager dient, und zwar, nachdem vorher der Strafse ein *kleiner* Abhang von *c* nach *b* gegeben ist, weil bey *e* ein Graben überflüssig wird, da die Böschung *e d* eine solche kleine Fläche ist, dafs sich darauf nicht viel Wasser sammeln oder abfliefsen kann. Damit dieses wenige Wasser nicht in den Strafsenkörper eindringe, so ist es gut, den Raum *m e* zwischen dem Fahrwege und dem eigentlichen Damme, mit kleinern Steinen, und wären es auch nur Kiesel, zu pflastern.

§. 16. Auch ein Damm anderer Art, auf dessen Krone oder Gipfel die Strafse angelegt werden soll, wie es die fünfte Figur zeigt; wird nach den im II. Bande und den im ersten Bande gemachten Vorschriften des Deichbaues aufgeführt. Zur Sicherheit gegen das Umwerfen werden auf den zwey Böschungen Pappeln oder Weiden gepflanzt, und der Fufs des Dammes wird gegen des Stromes Angriff mit einem Faschinenwerk gedeckt. Auch kann auf solchem Damme, je nach der Beschaffenheit

selben mit Faschinenbau (aus Weiden und Pappeln, die ausschlagen) auf, und bewerfe blos die äufsere Böschung mit Erde, damit das Faschinenholz darunter hervorwachse. Die aus Faschinenbau bestehenden Dämme, in deren Inneres das Beschwerungs-Material doppelt und dreyfach so hoch, als bey Flufsbauwerken aufgeschüttet werden kann, können auch mit Vortheil daselbst längs Flüssen angelegt werden, wo man nichts als Sand in der Nähe hat, und überhaupt da, wo die Dämme den Strom bis zur untern Wasserhöhe beschränken sollen, und worüber der höhere Strom bis zu den hohen Dämmen steigt. Man sehe hierüber die Maximen des Flufs- und Deichbaues im I. Bande und den III. Band Seite 186. Endlich kann die Erhöhung aller Dämme aus Faschinenbau bestehen, wo an guter Deicherde Mangel ist; nur mufs derselbe stets aus grünen die Blätter verlohrnen Weiden- und Pappelholz, und vom November bis Mitte April ausgeführt werden, damit das Holz niht faule. Einige Jahre später wird man die fernere Erhöhung mit Dammerde vornehmen.

der Dammerde und des Materials, dessen man habhaft wird, eine Bruchstein- oder eine Kiesstrafse aufgeführt werden, wie dies hier angedeutet ist.

§. 17. Zur Gründung einer Strafse auf sehr nassem und von Quellen durchschnittenem Thonboden, auf Torfboden, sumpf und flüchtigem Sande, mufs man sich einer bis zwey Lagen von Faschinen oder Buschholz, die auf den Seiten mit Wippen überzogen werden, bedienen, und dazu das von Laub befreyte feste Holz wählen, damit nachher die Strafse sich nicht zu sehr senke.

§. 18. Da, wo man des Faschinenbaues unkundig ist, sind die über einen wässerigen Thonboden, über Torfmoore und Moräste führenden Strafsen mit Knüppelholz gegründet, welches in der Queere übereinander gelegt würde. Bekanntlich sinken die einzelnen Knüppel oder Rundhölzer in den Morast hinein; wenn aber mehrere auf einander gelegt werden, so fährt es sich auf solchen Knüppelwegen so schlecht, dafs es kaum zum Aushalten ist, im Trott zu fahren. In sofern sich in einem ungünstigen Morastboden keine Seitengräben anbringen lassen, so mufs die Strafsengründung dergestalt eingerichtet werden, dafs sie den gesammten Strafsenkörper und das die Strafsen befahrende Fuhrwerk trägt. Es kann daher der Bau einer solchen Strafse nur nach einiger Zeit, wenn sich deren verschiedene Lagen vollkommen gesetzt haben, vollendet werden. In einigen morastigen Gegenden sind Balken- und Pfahlroste angelegt, und darauf die Strafse gegründet worden. Nach einiger Zeit haben sich aber dergleichen äusserst kostbare Anlagen sehr ungleich gesenkt; es ist daher eine wahre Ersparnifs, wenn man sich bey solchem Locale des Faschinenbaues bedient. Nur mufs derselbe nicht aus einzelnen Faschinen, sondern aus Buschlagen, mit Wippen und Pfählen verbunden, aufgeführt werden, wie dies im ersten Bande beym Flufsbau gelehrt ist.

Soll nun eine solche Strafse angelegt werden, so mufs man zuerst ein Buschbett *a b* Fig. 9. aufführen, welches aus ausgebreiteten Buschlagen bestehet, worauf kleine, 6 Zoll dicke, und alle 6 Zoll mit Weiden gebundene mehrere Klafter lange Buschwürste oder Wippen auf 3 bis 5 Schuhe Abstand gelegt, und mit vier Schuhe langen und zwey Zoll dicken gespitzten Pfählen auf den Buschlagen befestiget werden. Jede einzelne Buschlage mag $1\frac{1}{2}$ bis 2 Schuhe dick seyn, und mufs mit Kiesel, der in die Zwischenräume der Reiser einrieselt, einen Schuh hoch beschüttet werden. So wie eine solche Lage anfängt in den Morast einzusinken, wird eine zweyte aufgeführt, bis das Werk etwa drey bis vier Schuh über die Oberfläche des Morastwassers emporgestiegen ist. Jetzt wird dasselbe $1\frac{1}{2}$ Schuh hoch mit Kiesel beschwert und so bleibt es mehrere Monate liegen, damit es sich dann setzen könne. Jetzt wird abermals eine $1\frac{1}{2}$ Fufs hohe Buschlage über die Kiesel oder der Bruchsteinlage aufgeführt und auf diese kommt dann wieder eine, einen Schuh dicke Kieslage. Auf diese letztere wird eine zwey Schuh dicke Erdlage geschüttet, über welche, in dürrer Jahreszeit, dem Fuhrwerke zu fahren gestattet wird, damit das Ganze mehrere Festigkeit gewinne.

Auf eine solche Erdlage kommt dann eine Lage Bruchsteine oder Kiesel, und so abwechselnd, bis die Grundfläche des obern Steinbaues etwa vier bis sechs Schuhe über dem höchsten Morastwasser liegt. Dann wird entweder ein Bruchsteinpflaster, ein Pflasterweg, oder auch eine Kieselstrafse angelegt, und die beyderseitigen Gräben werden ausgepflastert, damit sie nicht nachstürzen und das Ganze von Dauer sey. Ein solcher Bau, wenn er nach und nach binnen Jahresfrist aufgeführt ist und dessen einzelne Erdlagen vom Fuhrwerke befahren werden, wird selbst dem Eindrucke des schwersten Fuhrwerks widerstehen. Er wird wenig sinken, da die untersten Lagen eine Masse ausmachen, indem das Fundament nicht aus einzelnen Faschinen oder Knüppeln, sondern aus einem gut gelegten und verbundenen Faschinenwerke bestehet. Auch ist das gänzlich in Erd- und Steinlagen eingehüllte Buschholz nicht der Verwesung ausgesetzt, und es kann, wenn das Laub davon gefallen ist und das Holz selbst aber noch beym Verarbeiten grün war, der Fäulnifs widerstehen. Endlich wird in dem erhöheten Theile über *a* unter der Steindecke, in den obern Buschlagen, Erde geworfen, damit man darauf Kopfweiden pflanze, welche dem Reisenden zur Nachzeit als Wahrzeichen dienen, dafs er die Strafse nicht verlassen und in den Morast abwärts fahren kann. Solche Bäume geben auch das nöthige Buschholz und die Pfähle zur künftigen Ausbesserung der Böschungen. Wollte man aber auf den Morastboden ein Pfahl- oder Rostwerk anlegen, so würde diefs sehr kostbar seyn, und die Pfähle würden in den Morast hineinsinken, mithin auch der Strafsenkörper selbst. Nur wenn unter den nicht tiefen Morast ein fester Boden angetroffen wird, kann man des Faschinenbaues entbehren und den ganzen Damm von Erde, Sand, Steinen und Kiesel aufschütten.

§. 19. Da, wo in einem stehenden Moraste Gräben längs der Strafse gezogen werden können, versteht es sich von selbst, dafs man dieselben so tief und breit als möglich mache, mit starken und dem Absturze widerstehenden Böschungen versehe, damit sie nicht einfallen. Endlich müssen diese Gräben jährlich von allen Wasserpflanzen und vom Unrathe aller Art gereinigt werden, damit sie dem Zwecke entsprechen, d. i. den Abzug des Wassers befördern und die Strafse trocken erhalten. Uebrigens mufs man solche Moräste, die unausgetrocknet nie fruchtbares Eigenthum werden können, erst trocken legen, ehe eine Strafse durch dieselben aufgeführt wird. Wenigstens mufs alles Erdenkliche versucht werden, um die Mittel zu einer solchen Austrocknung ausfindig zu machen und in Anwendung zu bringen.

§. 20. Was die Anlage der gepflasterten Chausseen, wozu die härtesten Steine ausgewählt werden müssen, wenn sie auch kostbar sind, betrifft, so kommt es vorzüglich darauf an, 1) dafs solche Steine sich in der Nähe der Baustelle befinden, mithin nicht in zu hohen Preisen angeschaft werden müssen, 2) dafs sie auf die Hohe Kante gesetzt und festgestampft werden. 3) Die Gröfse der zum Pflaster zu verwendenden Steine ist am besten für das Zugvieh, wenn sie 7 bis 10 Zoll hoch,

breit und dick sind: *a*) weil man alsdann, nachdem die Oberfläche vom Fuhrwerk abgeschliffen ist, die Steine noch anwenden und abermals gebrauchen kann, und *b*) das Zugvieh mit dem Hufe auf einem aus solchen kleinen Steinen bestehenden Pflaster weit kräftiger als auf groſsen Steinen eingreift.

Dieser letztern Ueberlegung: nämlich, nicht groſse Steine zum Pflaster zu nehmen, war man ehemals um so weniger getreu, da die Bewohner der Städte nicht so viel Equipagen hatten, als deren gegenwärtig vorhanden sind; denn auf den groſsen Steinen läſst es sich reinlicher gehen, als auf kleinen, weil schon die in den Zwischenräumen liegende Erde oder der Sand vielen Schlamm und Staub verursachen, weſshalb diese vielen Zwischenräume, welche bey einem aus kleinen Steinen bestehenden Pflaster statt finden, in Rücksicht der Fuſsgänger nicht vortheilhaft sind. 4) Das Lager der Pflastersteine, worin sie gesetzt werden, und welches drey bis 4 Zoll hoch seyn mag, von welchem eben so wohl als von der festen Gründung des untern Straſsenkörpers, der daher gut zusammen gefahren seyn muſs, ehe die Pflasterung begonnen wird — die Festigkeit und Dauer des Pflasters wesentlich abhängt, muſs aus einem reinen Ziegelgraus mit Grand (grobkörnigten reinen Sand) vermischt, oder aus letzterm allein bestehen, nicht aber aus groſsen Kieseln oder aus Gartenerde, Thon und Lehm. Diese drey Gattungen von Erde lassen nämlich das auf das Pflaster gefallene Wasser in die zwischen den Steinen befindlichen Fugen nur langsam oder gar nicht eindringen, daher denn auch in denjenigen Städten, worin die Pflastersteine nicht in grobkörnigten Sand, sondern in Erde gesetzt werden, ein unerträglicher Gassenkoth angetroffen wird. 5) Die Setzung der Pflastersteine in Grand oder zerstoſsenen Ziegelschutt ist auch deſswegen gut, weil die Steine darin sich gleichförmig einstampfen, mit wenig Mühe umsetzen lassen, das Pflaster überdies sehr dauerhaft wird. Zu dessen Festigkeit ist es jedoch auf alle Fälle nothwendig: daſs die Fugen oder Zwischenräume so klein als möglich gelassen werden, damit die Steine nicht ausweichen sondern gleichsam wie ein Gewölbe geschlossen werden. In dieser Hinsicht muſs, wie gesagt, auch die *Gründung* fest, und so viel thunlich, parallel mit der Oberfläche der Straſse aufgefahren und geebnet seyn. 6) Es muſs ferner von einem jeden Pflaster der Ablauf des Wassers, entweder durch den Abhang der Gassen, oder durch gitterförmige Oeffnungen und gemauerte Aquäducte befördert werden; diese Anlagen sollten vorzüglich in neuen Städten mit dem Bau der Gebäude gleichen Schritt halten. Endlich hängt die Dauer eines Steinpflasters davon wesentlich ab, daſs die Steine *b c* Fig. 21. in Verband gesetzt werden, damit die Wagenräder nicht aller Orten die Fugen der Steine treffen. 7) Enge Gassen müssen ihre Rinne in der Mitte erhalten, weite aber an jeder Seite, längs den Trottoirs, eine das Wasser ableitende Rinne, bekommen. 8) In Städten macht man auf der Seite ein Trottoir *a*, und zwar, wo möglich von groſsen Steinen *), und etwa drey Zoll höher,

*) Zu den Trottoirs kann man sich auch der Sandsteine bedienen, zu dem Fahrwege sind dieselben nicht haltbar, und Basalte die beſste Steingattung.

als den Fahrweg, um dasselbe trocken zu halten. Da nun in den mehresten Städten die Strafsen sehr enge sind, so werden die langen Trottoirsteine nicht ununterbrochen fortgelegt, sondern bey *c* kommen kleine platte Steine und zwar abwechselnd. Dieses Trottoir liege, des Ausweichens der Fuhrwerke wegen, an der einen Seite drey Zoll höher, als die Gasse, und um so viel sind auch die Enden der grofsen Steine abzustofsen. Da, wo aber die Gassen breit genug sind, mag das Trottoir nach einer ununterbrochenen Linie abgeschnitten seyn und nur die Trottoir-Stücke vor den Einfahrten der Häuser mögen tiefer liegen oder fehlen, und statt ihrer Steinpflaster angelegt werden, damit die Wägen darüber bequem in die Häuser fahren. 9) Sobald ein grofses Stück Pflaster in dem Sande nach der oben beschriebenen Art gesetzt ist, wird es mit der Handramme und zwar nach der abgesteckten, oder besser nach der mit Chablonen bezeichneten Oberfläche der Strafse niedergestampft, und vorher scharfer Flufssand darauf geschüttet, damit die Fugen davon gut ausgefüllt werden. 10) Gleichwie in den Städten das Pflaster des Fahrweges von den Trottoirs geschlossen wird, so mufs auch auf den Chausseen der Fahrweg von den Stützmauern *b* oder von den Leistensteinen *a* Fig. 1. eingeschlossen werden, und also entweder von den Stützmauern oder den Bankets ein Widerlager erhalten. Es ist übrigens diese hier und an mehrern Stellen gegebene Vorschrift, dafs nämlich die Stein- und Kiesmasse von den Bankets *f c* und *d e* Fig. 2. oder an den Stützmauern *a* und *b* Fig. 4. die Widerlager erhalten mufs, stets zu befolgen: denn im entgegengesetzten Falle würde die Strafse ihrer Festigkeit beraubt. Sieht man daher Profile, in welchen die Steinmasse nur oben auf die Erdmasse gelegt ist, so kann man sogleich auf die wenigen practischen Kenntnisse ihres Verfassers schliefsen, und es darf demselben kein wichtiger Bau anvertraut werden. 11) Die Verschiedenheit solcher Pflasterstrafsen anbetreffend, so richtet sie sich nach der Gattung der Steine. Da, wo die Steine im Bruche nicht kubisch, noch parallepipedisch, sondern nur nach irregulären Formen gebrochen werden, oder wo man grofsen Flufskiesel anzuwenden genöthigt ist, mufs gleichfalls darauf gesehen werden, dafs die grofsen Steine an den äufsern Rändern, und die kleinern in der Mitte, stets in Verband gesetzt werden, weil die Fugen, der Länge der Strafse nach, nie durchlaufen dürfen. Diese Vorsicht dient zur Conservation des Pflasters: denn auf einem nach derselben eingerichteten Steinlager treffen die Räder der Fuhrwerke bald die Steinfugen und bald die Steine, wie diefs nach Fig. 21. beurtheilt werden kann und oben bereits erwähnt wurde. In dieser Hinsicht werden die regelmäfsig geformten und zugehauenen Pflastersteine auch nach einer mit der Strafse schrägen Lage gepflastert; vorzüglich in Städten oder ihrer Nähe, wo das Fuhrwerk die Strafsen sehr abnützt. Wo die zugehauenen Steine aber sehr theuer sind, da mag man sich ihrer nur zu den Seiteneinfassungen der Pflasterfelder, also zum Schlufs des von Kiesel gemachten Pflasters bedienen. Solche Einfassungen mögen Quadrate, oder besser Dreyecke und Trapezien formiren. 12) Zu den kostbar-

sten Steinpflastern mufs man noch die von Ziegelsteinen gemachten zählen. Auf diese Weise trift man die Strafsen in vielen holländischen Städten gepflastert an. Nirgends habe ich aber ein besseres Ziegelsteinpflaster gesehen, als in Leyden und Haarlem; so wie in einigen Dörfern Nordhollands. Die Ziegelsteine werden da entweder in Sand, Ziegelgraus oder kleinen Muscheln auf die längste und schmalste Seite oder Kante gesetzt, und nicht selten zwey Reihen übereinander.

§. 21. *Die Anlage einer Bruchsteinstrafse mit einem Grundbau* auf festem Boden Fig. 2. Tab. 121. oder auf einem fest aufgefahrenen Strafsendamm Fig. 5. gehört zu den wesentlichsten Theilen des Strafsenbaues. Dabey mufs, wenn zuvor ihre Gründung *b* Fig. 2. mit einer Wölbung *) von vier bis sechs Zoll Pariser Maafs hoch fest aufgefahren und die Erde dazu auch zum Theil aus dem Raume der Seitengräben genommen ist, das Steinlager zwischen *a a* auf die hohe Kante regelmäfsig und gewölbartig zwischen den sechszehn bis achtzehn Zoll hohen Wandsteinreihen *a e* und *a d*, welche in die Gründung oder Planitze, sechs bis acht Zoll eingegraben sind, so dicht als möglich zu einer Höhe, welche der Strafsenwölbung entspricht, und die in der Mitte zehn bis zwölf Zoll, an den Seiten vier bis acht Zoll betragen kann, aufgesetzt werden. Diese Wand- oder Leistensteine müssen mit ihren Köpfen gleich anfänglich so gesetzt werden, dafs sie in die Convexität der Oberfläche fallen, wenn der ganze Steinkörper zusammen gefahren ist, damit sie nicht hervor stehen, und den Ablauf des Wassers von der Strafse hemmen. Auch müssen sie stärker und länger als die übrigen Grundlagersteine seyn, um das Gewölbe oder das Grundlager zu schliefsen, wovon die Festigkeit der Chaussée wesentlich abhängt. Defswegen ist auch die kompacte Anbermung der Bankets, oder das Auffahren derselben, mit Sorgfalt zu bewerkstelligen. Um bey Setzung der Steine des Grundbaues genau zu arbeiten, bedient man sich einer aus Holz verfertigten Chablone, welche über die Gründung gelegt wird, und zwey Handhaben hat. Dabey ist dann auch die Vorsicht zu beobachten, dafs die Steinfugen nicht der Länge der Strafse nach fortlaufen, sondern es mufs an eine Fuge wieder ein Stein anstofsen und ein Verband entstehen. Wird dieselbe nicht beobachtet, so würde bey Ausfahrung eines Geleises der Grundbau zugleich beschädigt werden. Die gewölbartig im Grundbau zu setzenden Steine sollten nur in Nothfällen breiter, als hoch seyn, weil derselbe sonst nicht fest wird. Je weicher die Steine sind, desto gröfser mufs man sie wählen; vor Allem aber die Zwischenräume mit kleinen festen Steinen oder mit Kiesel ausfüllen und auskeilen. Nach langer Zeit machen die letztern mit dem Strafsenschlamme einen ordentlichen Mörtel, woher es dann kommt, dafs viele Personen, beym Aufbrechen alter Strafsen, meynen, die Alten hätten zwischen dem Grundbau eignen Mörtel gegossen. Damit nun die Gründung

*) Wenn die Strafse aber steigt und an einer Berglehne geht, mag diese Gründung der Quere der Strafse nach, horizontal seyn, weil sonst die Dicke des Steinkörpers ungleich werden würde, indem die Strafse nicht eine convexe Oberfläche erhält.

oder Planitze recht komprimirt werde, so läfst man darauf, bey trockener Witterung, einige Zeit das Fuhrwerk fahren. Die Wandsteine werden dann mit einer Erdanbermung *f c a g* und *e d a h*, oder den Bankets geschlossen, welche aus einer guten mit kleinen Wippkarrn angefahrnen Erde bestehen, und überdiefs festgestampft werden können, damit sie nicht ausweichen, folglich, wie diefs oben angezeigt ist, die Widerlager des Fahr- oder Steinweges bilden. In diesem Betrachte ist es sehr gut, wenn die Gründung an den Seiten des Steinpflasters gleich anfänglich etwas höher mit Wägen aufgefahren wird, wie diefs in der citirten Figur durch die punctirte Linie angezeigt ist, damit nämlich die Bankets desto stärker komprimirt werden, eine gröfsere Festigkeit erlangen und ein dauerhaftes Widerlager abgeben. Man darf daher diese Vorschrift nie aus den Augen lassen. Wo man Steine genug in der Nähe der Strafse hat, und ein mehrere Schuhe hoher Strafsendamm gemacht werden mufs, mögen die Seiten des Fahrweges oder die Bankets vom natürlichen Terrain aufwärts aus Steinen (Fig. 4. Tab. 1.) d. i. aus Stützmauern gemacht werden. Dieser letztern mufs man sich vorzüglich bey Bergeinschnitten und auf lockerem Boden bedienen, wie diefs Tab. 1. Fig. 4, 8, 10 und 13. anschaulich gemacht ist.

§. 22. *Die Stützmauern* spielen beym Strafsenbau, vorzüglich in gebirgigten Gegenden, eine sehr wichtige Rolle. Man kann sie im Allgemeinen unter die sogenannten *Futtermauern* 2. B. S. 679. klassificiren, das sind solche Mauern, welche das Abrutschen oder Abgleiten des natürlichen Erdreichs verhindern, oder hinter welchen Anfüllungen von Kiesel, Erde, Sand- oder Mauerschutt gemacht werden, um darauf eine Chaussée, Gasse, einen Damm oder einen Platz zum Verkehr, zu gewinnen. 1) Bey Anlegung derjenigen Futtermauern, welche eine Strafse (Tab. 121. Fig. 4.) einschliefsen, ist der Umstand zu erwägen, dafs man dieselben so fest und dicht als möglich aufführen mufs, weil sich sonst die in die Strafse eingedrungene Näfse sich hinter denselben sammeln, und in die Mauer selbst gerathen könnte, welches vor dem Eintritte eines starken Frostes nachtheilig seyn würde, weil derselbe die Steine sprengt. Hieraus folgt demnach, *a)* dafs bey allen denjenigen Strafsenstrecken, welche Futtermauern haben, vorzugsweise für einen schnellen Abflufs des Wassers, von der Strafsenoberfläche, gesorgt werden mufs; *b)* dafs die Futtermauern mit Thon oder einem Beton sechs oder mehr Zoll hoch bedeckt werden sollten, damit über sie hin das Wasser von der Strafsenoberfläche abrinne. 2) Was die zu den Futtermauern zu wählenden Materialien und ihre Verarbeitung betrift, so mufs man dazu, wenn es nur immer thunlich ist, gute Bruchsteine und Werkstücke wählen, auch, besonders zur Decklage und zum untern Theil, die gröfsten Steine aussuchen. Solche Strafsen-Futtermauern können auch zuweilen aus trockenem Mauerwerke verfertigt werden, weil der Mörtel von der an die Mauer schlagenden Näfse leidet, und öfters vom Froste zermalmt wird; vorzüglich aber, weil er kostbar ist und die Erfahrung lehrt, dafs trockene Mauern, deren Fugen mit Moos ausgefüllt werden, dauerhaft sind.

Jedesmal läfst sich jedoch diese Vorschrift nicht befolgen, zumahl, wenn die Steine, deren man sich zu bedienen genöthigt ist, klein sind, und überdiefs sehr unförmige Gestalten haben oder rund sind, d. i. sich nicht zu regelmäfsigen Lagen schicken, besonders aber, wenn das abzustützende Erdreich mit Wasser geschwängert ist. Unter diesen Umständen mufs man sich also des Mörtels, bey Aufführung der Futtermauern bedienen. 3) Dabey mufs auch die Festigkeit des Fundamentes nicht aufser Acht gelassen werden; wo demnach der Boden nicht vollkommen fest ist, lege man einen Balken- oder Schwellrost Fig. 8. an, und fülle dessen Felder mit Mauerschutt, Thon oder kleinen festgestampften Bruch- und Kieselsteinen. In einem sehr nachgebenden Boden mufs ein Rost auf Grundpfählen ruhen, die man mit hinreichend schweren Rammen, bis zum Stehen, einschlägt. 4) Ist auf einem Bergabhange eine Futtermauer vollendet, so mufs das Abrutschen der Berglehne, worauf sie gesetzt ist, Fig. 8. und 10., dadurch verhindert werden, dafs man diese mit Verzäunungen aus Weidenholz befestigt, und zwischen diese Steine wirft. Werden solche Zäune zwey Schuhe hoch, im Herbste oder vor Mitte Aprils, von grünen Weiden- oder Pappelpfählen, die wenigstens zwey Schuhe in der Erde stehen müssen, gemacht, so schlagen sie aus, und das Ganze giebt ein Buschwerk, welches das Abspühlen der Erde verhindert. 5) Zuweilen können die Futtermauern bey Anlegung der Strafsen, längs Bergen, erspart werden, wenn man die Erde gehörig vertheilt, und auf diese Weise die Böschungen verstärkt, wie in Fig. 32. durch ein Beyspiel gezeigt ist. Daselbst wird der Raum *i d c* abgegraben, und in *a b f g* angesetzt. 6) Schwieriger wird indessen die Errichtung der Futter- und Wandmauern in Lehm- oder Thongebirgen, die mit vielem Wasser geschwängert sind. Das Wasser zerstört nämlich die Futtermauern, und die so aufgeweichte und ihrer Cohäsion beraubte Erde drückt mit Gewalt gegen diese Mauern. 7) Endlich sind solche Berge öfters hoch und so lang, dafs es gänzlich unthunlich ist, längs denselben Wandmauern anzulegen. Da mufs man also dieselben mit Verzäunungen von grünen Weiden befestigen. Diese Abrutschung der Erdschollen oder das Absacken der von Wasser durchdrungenen Thon- und Erdschichten, ist auch dadurch zu verhüten, dafs man die Hauptquellen abbohrt, oder dieselben in Röhren fafst, und mittelst derselben, oder Rinnen, das Wasser dergestalt über die Strafse hinleitet, dafs das Fuhrwerk darunter wegfährt, wie in Fig. 13. T. 121. bey *h* geschieht. Sind solche Quellen aber so grofs, dafs sie nicht in Röhren gefafst werden können, so mauere man Kaskaden auf, über welche das Wasser herab stürzt, und führe dasselbe unter oder über die Strafse, mittelst Aquäducten, wie es in Fig. 13. *a* und *e* deutlich gemacht ist.

§. 23. Jetzt kehre ich zur Beschreibung der *Anlage einer Bruchsteinstrafse* zurück. Ueber das erwähnte Steinpflaster *a a* Fig. 2. Tab. 121., worin man nicht *kleine*, sondern grofse Steine auf die hohe Kante setzt, weil sich dieselben in die Gründung eindrücken, mithin Ungleichheiten entstehen könnten, werden zuerst solche

kleine Kiesel oder zerschlagene Bruchsteine geworfen, welche in alle Zwischenräume dieses Grundbaues eindringen können. Bleiben dann noch Fugen darin, so müssen dieselben mit einzelnen Steinen ausgestopft, verkeilt, und darauf mit der Handramme gestofsen werden, damit der Grundbau geschlossen sey, und alle Zwischenräume desselben ausgefüllt werden. Dazu wird auch der Schutt von alten Mauern oder kleine Kiesel vortreffliche Dienste leisten. Ehe nun nach dieser Methode eine Tagsschichte geendigt wird, müssen die Steinsetzer das des Morgens angefangene Stück vollkommen beendigt haben, weil in der Nacht ein Regen eintreten, und die Höhlungen ausschlämmen, ja ein muthwilliger Fuhrmann viel zerstören könnte. Zu dem Ende müssen die Pflasterer über das sorgfältig verkeilte Stück groben Sand schütten, und denselben mit einem stumpfen Besen überall hinkehren, dann aber endlich mit der Handramme so lange stampfen, bis es gänzlich fest ist. Es versteht sich daher, dafs die Schlufsreihe eines jeden Tagewerks mit Sorgfalt gesetzt werden mufs, damit sie nicht ausweiche. Diese Regel gilt also für alle Steinpflaster.

Am befsten läfst sich nun eine Strafsenanlage von der Tiefe Bergan arbeiten, weil man auf diese Weise die Steinlagen dichter schliefsen kann. Diese Vorschrift darf daher nicht aufser Acht gelassen werden, *) und es ist dieselbe sogar bey den Reparaturen und blofsen Bekiesungen, in öconomischer Hinsicht, zu berücksichtigen. Auf den Grundbau *c a a d* Fig. 2. wird eine Lage zur Gröfse einer starken Faust geschlagener Bruchsteine — je nachdem dieselben sehr hart oder weniger hart und dauerhaft sind, kleiner oder noch gröfser, geworfen, und ich verweise defshalb den Leser auf die Auswahl der Materialien. Diese Lage erhält in der Mitte eine Höhe von 4 bis 8 Zoll. Darauf wird eine zweyte Lage kleinerer zerschlagener Steine oder Kiesel, etwa zur Gröfse eines Hühnereyes, einer Haselnufs oder Erbse, ja eines Nadelknopfes, je nach ihrer Härte, gelegt, welche in der Mitte eine Höhe von drey bis vier Zollen erhält. Uebrigens sind hier die wegen der Dicke des Strafsenkörpers gegebenen Vorschriften zu berücksichtigen. Auch mufs ich noch bemerken, dafs es zur Festigkeit einer Strafse beyträgt, wenn die Steine auf der Stelle, wo sie über den Grundbau zu liegen kommen, zerschlagen werden, weil sich durch das Zerschlagen alle Zwischenräume dichter mit Steinen füllen. Wenigstens sollte man jede Steinlage auf der Strafse selbst etwas nachschlagen lassen, wenn man die Kosten dieser Methode scheut. Es ist nämlich gewifs, dafs die Steine auf dem Steinhaufen selbst leichter zerschlagen werden kön-

*) Dafs man die hinreichend weiten Durchläfse zugleich mit dem Grundbau anlegt, Fig. 8. und 10., versteht sich von selbst. Das einzige mufs ich dabey nur erinnern, dafs der Seitengraben *g* an einem solchen Durchlafse einige Schuhe tiefer, d. i. bis zur Sohle des Durchlafses tief gelegt, und dessen einige Klafter oberhalb anzulegende Abstufung oder Abfall *g* Fig. 10., so wie die Sohle dieses tiefen Stücks gepflastert oder mit Holz belegt seyn mufs, damit das Wasser nicht Ausrisse mache. Ein solcher Abfall ist auch bey den kleinsten Durchlässen daselbst anzubringen, wo die Strafsen, mithin die Seitengräben, einen starken Fall haben, weil derselbe dadurch unterbrochen wird.

nen, als auf der bereits festliegenden Steinlage einer im Bau begriffenen Straſse. Auf diese Weise erhält der gesammte Steinkörper in der Mitte seine Höhe. Damit aber die vorgeschriebene Wölbung entstehe, so muſs beym Anfang eines Straſsenbaues die obere Stein- oder Decklage nach einer Chablone oder Lehre, die nach derselben ausgeschnitten und mit 2½ Schuh langen Handhaben versehen ist, gleichfalls geebnet werden; vorzüglich daselbst, wo man nicht sehr geübte Arbeiter hat; bey geschickten ist diese Lehre unnöthig.

Auf solches Local, wo das Anfahren der Steine wenig mehr als die Erde kostet, — ein Fall, der daselbst eintritt, wo Felsen gesprengt werden müssen — da mag man auch die Gründung von Steinen auffahren, als wodurch eine recht trockene und solide Straſse erhalten wird. Endlich ist noch zu bemerken, daſs es zur Dauer des Straſsenkörpers wesentlich beyträgt, wenn das Deckmaterial von der härtesten Gattung Steine gewählt wird, die man ohne zu groſse Kosten, haben kann. Insbesondere müssen solche Steinlagen, welche aus Kalk, Sand oder andern leicht zu zermalmenden Bruchsteinen oder Ziegel bestehen, wo möglich, mit guten Fluſskieseln oder harten Bruchsteinen bedeckt werden. Sie erfordern daher eine vierte Lage Steine, wornach die Dicke der oben beschriebenen zerschlagenen Steinlagen einzurichten ist, damit das Ganze die vorgeschriebene Dicke erhalte.

Was die Befestigung der Grabenwände betrift, so wird sie während der feuchten Witterung mit aufzusetzenden Rasen geschehen müssen, wenn die Erde locker ist. In den meisten Fällen ist diese kostspielige Arbeit nicht nothwendig, wenn man dieselben aus Erde macht, und es ihnen nicht an der erforderlichen Böschung fehlen läſst, die man mit Heu- und Kleesamen, bey einem warmen Regen, besäet, welches nicht zu verabsäumen ist. Die Wände müssen, wenn sie nicht nachstürzen sollen, im festen Erdreiche einschuhig, in minder festem 1½ und so weiter dreyschuhig, und niemals im Herbste, gemacht werden. Eine solche mit einer guten Böschung verknüpfte Ausgabe wird übrigens in der Zukunft eine wahre Ersparniſs, weil dabey wenigere Grabenaufräumungen vorfallen, und die Ausbesserung der Böschungen selten Statt findet. Sind übrigens diese einmal mit Gras bewachsen, welches, wenn es zu hoch wird, abzuschneiden ist, damit es nicht den Ablauf des Wassers hemme, so muſs man sie nicht von neuem scarpiren. Eine Regel, die an vielen Straſsen deſswegen nicht befolgt wird, damit die mit dem Bauführer oder Aufseher verbundenen Teichgraben-Entrepreneurs für die leichte Arbeit des Grabenaufräumens viel Geld erhalten!! Diejenigen Gräben, welche in einem sandigen oder lockern Boden angelegt werden, und viel Wasser abführen, mag man, wo möglich, wie Fig. 3. zeigt, pflastern, oder auch mit Planken ausfüttern, damit sie dauern, und den Bankets zu Widerlagern dienen.

§. 24. Nach der gänzlichen Vollendung der Chaussée, müssen 1) auf der Straſse Conservationshaufen, zehn bis fünfzig rechts, und 10 bis 50 links der Straſse, aufgeführt werden, um die künftigen Geleise auszufüllen. Jeder mag achtzehn bis vier

und fünfzig Cubik-schuhe, je nachdem die Strafsen schmal oder breit sind, enthalten. Sie dienen zugleich als Abweiser, welche verhindern, dafs das Fuhrwerk die Bankets berühre, und zu Winterszeit in die Gräben gleite. Ja sie machen die kostbaren Radestöfser und Schneepflöcke ganz entbehrlich. In dieser Hinsicht müssen sie etwa einen Schuh breit auf dem Fahrwege, d. i. bis über die Wandsteine liegen. Kann aber das Banket breiter als drey Schuh, ohne viele Kosten, gemacht werden, so mag der Fufsweg hinter den Vorrathshaufen zwey Schuhe zur Breite erhalten. 2) Mufs man so viele Arbeiter anstellen, dafs die Geleise stets mit dem von den Rädern ausgeworfenen guten Materiale zugescharrt, die Steine klein geschlagen, und von der Strafse das Wasser abgeleitet wird, weil eines Theils mit frischem Materiale die Bindung nicht so gut erfolgen kann, und die Convexität der Strafse durch Aufschüttung desselben verloren gehen würde. 3) Da die Strafsenmitte nur von dem Zugviehe und wenig vom Fuhrwerke leidet, folglich nicht in dem Maafse, als die Geleisestellen, abgenutzt wird, mithin auch nicht im gleichen Verhältnisse beschüttet werden könnte, auch das frische eckige Material dem Zugviehe nicht vortheilhaft ist, so mufs ihre Aufschüttung bey ganz neuen Strafsen, so viel als thunlich ist, vermieden, und das bereits verfahrene Material zur anfänglichen Ausfüllung der Löcher und Geleise verwendet werden. Ueberhaupt kann nicht oft genug in Erinnerung gebracht werden, dafs von der Einräumung oder Ausfüllung der Geleise und von der Auslassung des Wassers aus denselben die gute Beschaffenheit der Strafsen wesentlich abhängt. 4) Damit die neue Chaussée gleichförmig zusammen gefahren werden möge, mithin die möglichst gröfste Festigkeit erhalten werde, so ist gleich nach ihrer Vollendung die Einrichtung zu treffen, dafs nicht mehrere Fuhrwerke hintereinander ein und dasselbe Geleise befahren. Durch diese Veranstaltung wird natürlich der Steinkörper, so viel als möglich, gleichförmig auf mehrere Stellen zusammen gedrückt, und dessen Festigkeit vermehrt. Es mufs daher die nöthige Aufsicht angestellt werden, um diese Vorschrift in Erfüllung zu setzen.

§. 25. *Die Anlage einer Kiesstrafse* Tab. 121. Fig. 3. ist von derjenigen einer Bruchsteinstrafse nur darin unterschieden, dafs sie eines Grundbaues nicht bedarf, weil ihr Körper hinreichende Festigkeit giebt. Ist demnach dieser fertig, und die Leistensteine *a* gesetzt, so wird eine Lage zerschlagenen Bruchsteins oder Kiesel in der Mitte zu 9 bis 12 Zoll Höhe aufgeschüttet. Die Steine der ersten Lage mögen aber, damit sie nicht eindrücken, und nicht von dem Drucke der Fuhrwerke geprefst werden, $\frac{1}{4}$ Cubik-Schuh und etwas darüber oder darunter grofs und nicht zu klein seyn, je nachdem sie mehr oder weniger hart sind. Ueber diese Lage kommen dann noch zwey oder drey Lagen kleinerer Steine, die in jeder Lage, so viel als möglich, von einerley Gröfse und von solcher Dicke seyn müssen, wie es vorne bestimmt ist. Viele Kiesstrafsen führt man auch ohne Leistensteine auf.

§. 26. Von der Anlage der Strafsen mit einem oder zweyen Sommerwegen Fig. 1., 6. und 7. kann ich, ohne weitschweifig zu werden, nichts weiter anführen; *a*) als dafs man dieselben auf jede Klafter ihrer Breite mit vier Zoll Abhang, nach dem Graben zu, anlegt, damit das Wasser den Abflufs über dieselben finde; *b*) dafs bisweilen und insbesondere daselbst, wo die Chaussée nicht hoch genug über dem Terrain liegt, um trocken zu seyn, die Sommerwege 1 ½ bis 2 Schuh niedriger, als die eigentliche Chaussée angelegt werden, Fig. 6., damit aus deren Steinkörper oder dem Fahrwege die Nässe aussickere. Es versteht sich jedoch, dafs unter diesen Umständen die beyden Bankets gleich an den Hauptfahrweg anstossen müssen.

§. 27. Diejenigen Kalkgebirge, welche aus einzelnen Steinmassen bestehen, haben mit dem lockern und von einer festen Rasendecke und Holz entblöfsten Thongebirge den nachtheiligen Umstand gemein, dafs die Schneelavinen davon grofse Stücke abreissen, und auf diese Weise die Strafsen mit Erdschollen und Steingerölle bedecken, insonderheit auch die Bäche und Flüsse mit Steinen anfüllen. (Fig. 8.) In solchen gebirgigten Gegenden läfst es sich daher nicht selten mit Lebensgefahr reisen. Selbst die starken Regengüsse bringen einen ähnlichen Effect hervor. Dieser Lokalfälle wegen mufs bey der Wahl der Strafsenzüge auf den Abgang des Schnees von den Berglehnen und auf die Bestandtheile des Steingeschiebes, so wie der Erde, auch auf den Umstand, ob die Berge von Holz entblöfst sind, sorgfältig geachtet werden. In vielen Ländern hat auch leider die Abflötzung der Berge seit der Zeit, da man den Grundeignern und Communitäten erlaubt hat, dafs sie die Waldungen niederhauen, ohne wieder auf Ansaamung zu denken, auf eine sehr beunruhigende Art zugenommen; ja, die Regengüsse spühlten und rissen von den von Buschwerk und Holz entblöfsten Bergen ungeheuere Massen von Steinen und Erdschollen herunter, und so wurden die Berge steiler, die Strafsen aber, so wie die Bäche, mit Steingerölle verschüttet. Die Waldkultur — in solchen aus Steingerölle, Thonboden, Kies und Sand bestehenden Gegenden ist daher längs Strafsen ein wesentliches Bedürfnifs, und man mufs dazu solche Hölzer wählen, welche der Natur des Bodens angemessen sind. Auch Verzäunungen von Weiden und Pappeln thun gute Dienste; so wächst z. B. die Strandweide auf dem sterilsten Boden. So nöthig auch die Waldungen und Anpflanzungen längs Bergen sind, so giebt es doch andere Gegenden, welche bey der Anlage einer Strafse gleich Anfangs Stütz- und Wandmauern nothwendig machen, wie Fig. 8. 10. und 13. zeigt. Hier lege man also, nach den im 2ten Bande dieses Werkes gegebenen Regeln, die Mauern an, gebe der Strafse von der Schutzmauer Fig. 8. *e* bis zum Graben eine Breite *f g* von zwanzig Schuhen, welche zum Ausweichen der Fuhrwerke hinreichend ist, lasse die Oberfläche von *f* nach *g* nur vier Zoll fallen, und führe da, wo es nothwendig ist, das in dem Graben gesammelte Wasser durch ein hinlänglich grofses Gewölbe *k*, unter das Fahrbett hindurch. Damit aber der Fufs der Futtermauer nicht angegriffen werde, so lege man auf denselben in *C D*, aus grünen Weidenzweigen,

zwey Schuh hohe Verzäunungen, auf drey Schuh Abstand, und fülle dieselben mit Steinen. Eben so verfahre man oberhalb der Wandmauer *c d* auf dem Berge.

§. 28. Als eine allgemeine Regel bey Anlegung von Gebirgs-Strafsen mufs noch angemerkt werden, dafs man stets dahin trachten müsse, aus den den Strafsen nahe liegenden Berglehnen die Gewässer abzuziehen und zu sammeln, damit die Berge nicht absacken, einstürzen und die Strafse der Nässe ausgesetzt werde, worüber bereits das Nähere vorgetragen ist. Zum Schutze der Strafsen und zur Erhaltung der Brücken müssen in allen Wildbächen, oder in solchen Bächen, die mit einer den Brückenwiderlagern nachtheiligen Geschwindigkeit strömen und womit sie eine Unterwaschung hervorzubringen im Stande sind, in der Nähe der Chausseegräben, Brücken und Durchlässe, mit Wehren *g* Fig. 10. Tab. 121. oder in *a* Fig. 16. versehen werden, über welche das Wasser abstürtzt, mithin, ehe es die Brücken erreicht, langsam fliefst. Solche Wehre müssen auch selbst in denjenigen Bergschluchten, von denen nur während der Regengüsse die Gewässer auf eine Zeit lang abfliefsen, angelegt werden, und zwar auf den nöthigen Abstand von den Brücken. Da, wo es an Steinen fehlt, sind dergleichen Ueberfälle aus Balken oder Faschinen aufzuführen. Ein aus Lehm, Thon und Quellen bestehendes Terrain erfordert auch Stützmauern Fig. 1. in denen man Oeffnungen läfst, wodurch das Grundwasser abläuft. Sehr oft vereinigt sich mit einem ungünstigen Locale noch der Umstand, dafs es an guten Steinen fehlt und auf dem Boden dichte Waldungen stehen, die den Luftzug, welcher doch zur trockenen Lage der Strafsen so nothwendig ist, hemmen. Dort werden demnach zur Anlage der Strafsen, bey weitem mehrere Kenntnisse und Ueberlegung erfordert als in Felsengegenden, wo es vorzüglich des Pulvers und des Geldes bedarf, um eine bequeme Strafse zu bauen.

§. 29. *Die Verbesserung der Sandwege oder die Anlage bequemer Landstrafsen in solchen Sandgegenden, worin weder Steine zum Grundbau noch Kies- und Bruchsteine vorhanden sind* *), wird, besonders in Norddeutschland, Gallizien und Niedersachsen, sehr wünschenswerth, da bekanntlich dort die Fuhrwerke im Sande grofsen Widerstand erfahren, mithin eine kostbarere Anspannung als auf guten Strafsen erfordern. Ja, zuweilen sollte man daher sogar im Flugsande gute Strafsen anlegen. Die erste Verbesserung, welche bey einem so sterilen Locale anwendbar ist, besteht darin, dafs der Flugsand gegen das Verwehen geschützt wird. Man pflanze also jenseits des Strafsengrabens, auf eine Breite von vierzig bis 60 Klaftern und breiter, kanadaische, italiänische oder deutsche Pappeln, 4 bis 6 jährige, zehn bis zwölf Schuh lange Zweige, $2\frac{1}{2}$ Schuh tief in den Boden, und zwar im Herbste oder vor Mitte Aprils. Zwischen diesen auf zehn bis 18 Schuhe Abstand gesetzten Zweige pflanze man auf acht Schuhe Abstand andre dünnere und etwa drey bis vier Schuhe lange Zweige am Rande einer $2\frac{1}{2}$ Schuhe ausgehobenen, drey bis vier Schuhe

*) Wo man Steine zum Grundbau hat, wird die Aufsetzung desselben in den Sand bewerkstelligt.

im Durchmesser grofsen Oeffnung; d. i. in einer sogenannten Gänsegrube. Diese Zweige geben dann ein Buschwerk, zwischen welchem sich der Sand anlegt, von dem Laube der Weiden fruchtbar gemacht wird, um eine Rasendecke zu erhalten. Vorzuglich mufs diefs geschehen, wenn man die im folgenden §. vorkommrnden Mittel in Anwendung bringt.

Was die Bankets und Grabenwände einer solchen in Sandgegenden oder von Kies anzulegenden Strafse betrift, so mufs darauf Bedacht genommen werden, dafs sie eine Grasdecke erhalten, um nicht von den Regengüssen fortgeschwemmt, oder von den Winden weggewehet zu werden. Diese Absicht läfst sich wohl schwerlich leichter und mit mehr Oeconomie als auf folgende Art erreichen. Wenn der Dammweg aufgeführt und die Gräben ausgeworfen werden, so lege man sechs bis neun Zoll unter der Oberfläche des Baukets der Grabensohle und Böschungen, alle sechs Zoll, zerschnittene und eingefeuchtete Queckenwurzeln und zerhackte Rasenstücke, besäe diefs mit Flugsand, Hafer, Sandried und Heusaamen, wo möglich im Frühlinge während der warmen Regentage. Damit alsdann der Sand nicht fortgewehet werde, und der Saame nicht von der brennenden Sonnenhitze vertrockne, bedecke man die besäeten Plätze mit Reisern, unter denen der Saame gut aufkeimet. Eben diese Maafsregel wende man bey Tannen-Ansaamungen längs der Strafse an, welche gleichfalls zur Befestigung der Sandschollen dienen.

Eine gute Methode, solche Sandgegenden mit bequemen Chausseen zu versehen, besteht auch darin, dafs in der Breite des Fahrweges, über den Sand hin, eine halbe bis 1½ Schuh dicke Erdlage aufgefahren und auf derselben eine Kiesstrafse angelegt werde. Wollte man den Kies blos auf den feinen Sand werfen, so würde derselbe auf die Oberfläche der Strafse heraufgefahren werden und ein schlechter Weg entstehen. Eben diese Vorsicht, in Ansehung der Erdlage, mufs auch daselbst angewendet werden, wo Steine in hinreichender Menge vorhanden sind, um eine Bruchstein- oder Pflasterstrafse aufzuführen, und wo man die Erde unter der Sanddecke zu bringen suchen mufs, in welche letztere der Grundbau oder das Pflaster aufgesetzt wird. Dieser Fall wird jedoch in solchen Gegenden, die aus einem flüchtigen Sande bestehen, selten eintreten und nothwendig seyn, sondern man wird sich mit Kieslagen begnügen können. Anders aber ist der Fall bey dem gelblichen Sande, welcher nicht nur selbst vielen Thon und Mergel enthält; sondern zwischen dem öfters Mergel- und Thonlagen angetroffen werden; ein Boden, der die Anlegung einer guten Strafse sehr erschwert. Bey solchem wird man also genöthigt, die angegebene Erdlage und darüber Bruchstein- und Kieslagen zugleich oder letztere allein aufzuführen, wie es oben gelehrt wurde, um eine feste Strafse zu erhalten. Da, wo aber in solchen Sandgegenden alle Steine fehlen, mag man nebst jenen Ansaamungen und Anpflanzungen einen Schuh hoch Erde oder reinen Lehm auffahren lassen, damit der flüchtige Sand im Fahrbette mehr Consistenz gewinne, und einen geringern Widerstand für das Fuhrwerk verursache.

§. 30. Jetzt will ich noch ein von mir in F. 12. T. 121. gezeichnetes schwieriges Local zur Anlage einer Chaussee wählen, und diese erklären. Diese Karte stellt eine aus Felsen und Steingerölle bestehende Gebirgsgegend vor, die viele Gewässer und Schluchten enthält, und deren Kuppe *B* 621 Schuh über den höchsten Wasserstand des Flusses, aber von der Oberfläche oder dem Fahrwege der Brücke nur 676 Schuhe entfernt liegt. Ein vorzügliches Bedingnifs bey der Anlegung dieser Strafse besteht darin, dafs ihre gröfste Steigung auf die Klafter vier Zoll, auf langen Strecken, nur zwey Zoll betrage, damit sie für das Zugvieh nicht zu unbequem sey. Zweytens, dafs sie auf der gesammten Strecke von der Brücke bis zur Bergkuppe *B* nicht fällt, und auf einige Distanzen, insbesondere aber in den Wendungen, horizontal gehe. Diese Karte, Fig. 12., zeigt uns nun alle Bergschluchten, die Bergrücken und Abhänge, so dafs man auf derselben schon beyläufig den Strafsenzug, nicht in Rücksicht der Länge, sondern der Lage desselben, bestimmen kann. Dessen Länge hängt nämlich von dem Falle ab, welcher der Strafse gegeben werden soll, und es mufs daher das Profil des Berges zwischen *B* und *A* (Fig. 13.) aufgetragen seyn. Dasselbe reicht aber nicht allein hin, sondern es mufs ein genaues Nivellement der ganzen Steigung, worin diejenigen Bergkuppen und Abhänge, auf und an denen der Strafsenzug hin, in Anbetracht der Beschaffenheit des Terrains, der Lage der Gewässer und der Form der Felsenwände, gelegt werden kann, vorgenommen werden, um die Wahl dieses Strafsenzuges mit aller erdenklichen Ueberlegung zu treffen. Dieses Nivellement mufs man der Wahl des Strafsenzuges zum Grunde legen. Die genaue Aufnahme und dasselbe sind daher die ersten Vorbereitungen zur Bestimmung der Richtung einer Gebirgsstrafse. Die Karte (Fig. 12.) zeigt nämlich: dafs man die Strafse unter dem Wildbache *a p* bey *a* mit den mindesten Kosten übersetzen kann, und das Profil Fig. 13. zeigt, in Beziehung auf jene Karte, dafs, wenn man den von der Brücke *q* nach *b c a* bezeichneten Strafsenzug wählt, die Neigung $3\frac{26}{100}$ Zoll auf die Klafter betragen wird. Wenn nämlich die Strafsenwendung *b c*, welche horizontal angelegt werden mufs, vorher abgerechnet wird: so beträgt die Strafsenlänge noch drey hundert fünf und dreyfsig Klafter. Da nun die Höhe *a* sechs und neunzig Schuh über den Fahrweg der Brücke *A* und *p* liegt: so erhält man jene angegebene Steigung von $3\frac{26}{100}$ Zoll auf die Klafter. 2) Ueber den bey *a* sich abstürzenden Wildbach kann aber defswegen eine Brücke nicht angelegt werden, weil ihr Bogen von den herabrollenden Steinen verstopft und dann nicht nur die Brücke, sondern auch ein Theil der Strafse weggerissen werden könnte; es ist daher nothwendig, hier eine Durchfahrt *a* Fig. 13. zu wölben, welche zugleich ein hinreichend breites Gerinne (Schuttgerinne) macht, über welches das Steingerölle, so wie das Wildwasser, ungehindert abstürtzt. Da sich nun oberhalb des Punctes *a* drey Bergschluchten vereinigen, und das in der dritten Schlucht herabstürzende Wasser die Strafse zerreissen könnte, so mufs bey *d* Fig. 12. eine starke Futtermauer angelegt und ihr Fufs gegen das Ein-

reissen des Wassers hinlänglich gesichert werden. 3) Bey der Auswahl der zweyten Hauptstrafsenkrümmung ist nicht aufser Acht zu lassen: dafs dieselbe über 3 bis 4 (Fig. 12.) hinaus nicht gezogen werden kann, weil sie sonst wieder fallen müfste, indem diese Bergkuppe 3. 4. nach G fällt. Da nun der ganze Weg von *a* nach 3, 4 und *e*, ohne die horizontale Wendung 3, 4 zu rechnen, 240 Klafter lang ist, und die Steigung von *a* nach *e* (Fig. 13.) sechzig Schuh beträgt, so erhält man auf die Klafter $3\frac{6}{10}$ Zoll Steigung, welche für das Zugvieh und Fuhrwerk nicht sehr unbequem ist. Zwischen *e* und E liegen drey Bergschluchten; *e*, 1 und 2, (deren Ansicht ist in Fig 15. gezeichnet), von welcher die erstere bey *e* einen starken Bergstrom abführt, wo hingegen in den andern beyden nur kleine Giefsbäche sprudeln. Ueber dieselben hin mufs also, wie der Plan (Fig. 13.) zeigt, die Strafse geführt werden. Des Bergstromes und der Giefsbäche wegen sind nun drey Bogen, welche die höchsten Gewässer durchlassen, anzulegen. Hier, wie überall, mufs man die örtliche Beschaffenheit benutzen, die Bogen an die natürlichen Felsen stützen, und ihnen so feste Widerlager verschaffen. 4) Gesetzt aber, dafs zwischen Felsenschluchten oder ähnlichen, bey weiten nicht so tiefen Thälern, kein Wasser durchflösse, indem sie sich gleich an dem einen Strafsenrande endigten, und man wollte sich zur Aufführung von dreyen Bogen nach der gesammten Strafsenbreite nicht verstehen, sondern nur jede der Felsenschluchten aus einem schmalen Bogen von wenigen Schuhen überspannen, und den Raum, welcher von seinem Gurte bis in die Kluft entsteht, mit einer Mauer aussetzen, dann den zwischen dieser Mauer und der gegenüberstehenden Seite der Strafse befindlichen Raum mit Steinen ausfüllen, um darauf die Strafse selbst zu erbauen, was würde wohl hieraus entstehen? Wahrscheinlich hätte man keine grofse Dauer von diesem Werke zu erwarten. Denn es darf aus dem wenige Schuhe breiten Bogen nur ein Stein ausgestofsen werden, oder die in dem Kreisstücke befindliche Mauer nicht vollkommen gut an den Bogen schliefsen, folglich ausweichen: so stürzt die Strafse selbst nach. Ein Fall, der sich ohnweit Fiume auf der Carlstrafse zugetragen hat, wo ich selbst den Schutt eines so gewölbten Bogens, zwey Tage nach dessen Einsturz, gesehen habe *). Es ist daher allemal bey einem solchen Locale das Verfahren anzurathen, nach welchem die Bogen in der ganzen Strafsenbreite gewölbt werden, um darüber die Strafse anzulegen, folg-

*) Im Herbste 1803 wurde ich von Seiner Majestät dem Kaiser von Oesterreich nach Fiume geschickt, um die damals von dem Feldmarschall - Lieutenant von Vukassowich geleiteten Arbeiten dieser wirklich aufserordentlichen grofsen und schönen Unternehmung zu untersuchen und über den fortzusetzenden Strafsenzug meine Meynung vorzulegen. Ich war damals zugleich Director bey der Ungarischen Schifffahrts - Gesellschaft, und hatte als k. k. wirklicher Hofrath bey der Böhmisch-Oesterreichischen Hofkanzley und der Finanz - Hofstelle, zwey Aktien des Kaisers (von dieser Unternehmung) zu vertreten. Dieser Strafsenbau kostete damals jährlich über eine Million Gulden und es wurden einige hundert Schuh hohe Felsenwände gesprengt; ja auf lange Strecken kostete die laufende Klafter 500 Gulden und darüber.

lich den Raum unter dem Bogen offen zu lassen, wie in Fig. 15. geschehen ist. 5) Nach Anführung dieses merkwürdigen Falles kehre ich zur Auswahl der in Fig. 12. und 13. dargestellten Strafsen-Anlage zurück. Die Strafse mufs bey dem Puncte *f* (Fig. 12.) passiren. Da nun der Abhang von *f* nach *e* (Fig. 13.) hundert drey und vierzig Schuh beträgt, und die gröfste Steigung vier Zoll auf die Klafter ausmachen soll, so wird die Länge 429 Klafter, ohne die horizontal zu legenden Wendungen bey E und F (Fig. 12.) zu rechnen, betragen müssen: welche Länge die auf dem Plane bezeichnete Strafsenlinie wirklich hat. Bey *f* (Fig. 13.) führe ich die Quelle mittelst eines Gewölbes unter die Strafse durch, weil sie ohne grofse Kosten und eine mit dem Steigen der Strafse vorzunehmende Abänderung nicht darüber hin geleitet werden kann. Nach solchem, dem Locale und dem Steigen entsprechenden Ueberlegungen wird nun die Strafse längs dem Abhange nach den auf dem Plane (Fig. 12.) bezeichneten Wendungen angelegt, 6) bey *g* eine hohe Stützmauer errichtet, um Raum für die Chaussee zu gewinnen, und 7) bey *h* wird sie in den Felsen selbst eingehauen werden müssen, weil die Aufführung einer Stützmauer, und das Absprengen der Felsenwand noch mehr als dieses Aussprengen kosten würde. Das aus einer Bergkluft fliefsende Wasser wird über diese in *h* (Fig. 13.) ausgesprengte Strafse, mittelst eines Gerinnes, über die Strafse selbst *geführt*. 8) Jetzt tritt die Strafse bey *m* (Fig. 12.) zwischen die Felsen hervor, und geht bey *n* und *o* über gewölbte Brücken, bis sie bey *l* *an eine* Felsenwand stöfst, in welcher sie nicht blos eingeschnitten werden kann, weil der Felsen zu hoch ist, um ihn durchzubrechen. Hier mufs also in den Felsen selbst ein für zwey Wägen hinreichend breiter Stollen *i* (Fig. 13.) sechs und siebenzig Klafter lang ausgesprengt werden, weil es gänzlich unthunlich ist, längs diesem Felsen eine Strafse auf Stützmauern *anzulegen*. Die Aussprengung eines solchen Stollens mufs in dem Falle, wenn er so lang ist, dafs die einander begegnenden Fuhrleute sich nicht wechselseitig abrufen oder sehen können, auf die Breite von zwey Wägen geschehen. Uebrigens mufs, wenn eine solche Strafse nur zur Breite eines Wagens ausgesprengt wird, der Stollen in einer geraden Linie geführt, an dem Ein- und Ausgange zur Aufnahme des Lichtes besonders *weit* und *hoch* ausgesprengt werden. Dies ist eine Maafsregel, die man bey solchen Fällen und unterirdischen Canälen zu befolgen nie verabsäumen sollte. Zu Ausweichplätzen ist alsdann, vor dem Ein- und Ausgange eines solchen Stollens, an jeder Seite ein vierzig bis funfzig Schuh breiter Platz auszusprengen oder anzulegen.

Bey Anlegung einer Kunst - Strafse, die in Felsen eingesprengt, oder in Gebirgen angelegt wird, mufs endlich noch Folgendes zum Schlufse bemerkt werden. Die erste Arbeit bestehe in einer Aufnahme der Gegend und dem Nivellement des beyläufig gewählten Strafsenzuges. Diese dürfte nicht selten sehr gefährlich seyn, und die mit der Operation beschäftigten Personen dürften sich der Steigeisen bedienen, ja von einigen Felsen mit Stricken sich herunter lassen müssen. Ist auf diese Weise die Strafsenlinie abgesteckt, so wird in dem Felsen zuerst ein Fufspfad zu drey bis

sechs Schuh breit ausgesprengt, und es trägt eine solche vorläufige Aussprengung oder Tracirung des Strafsenzuges, während der Arbeit, sehr viel zum guten Fortgange der gesammten Bauunternehmung bey.

§. 31. Manche unter meinen Lesern werden eine practische Erläuterung über die Anlage einer Futtermauer an einem schroffen Felsen zu lesen wünschen, und ich bin verbunden, ihrem Wunsche zu entsprechen. Am besten werde ich die Art und Weise, wie eine Stützmauer vor einer Felsenwand aufgeführt wird, erklären können, wenn ich die Methode zeige, wie an einer bestehenden Strafse eine solche eingestürzte Stützmauer wieder aufgebauet wird. Diesen Fall wähle ich auch defswegen, um zugleich die Methode zu zeigen, wie man sich beym Abstützen des unterhalb der Strafse liegenden Steingerölles oder der Berglehnen, welches den Absturz der Strafse selbst zur Folge hat, helfen; die Stützmauern an den schroffsten Felsen aufführen, und die Strafse selbst schleunig wieder herstellen könne. Ich nehme nun den Fall an: dafs eine an der Felsenwand *a b* Fig. 17. (T. 121.) gestandene Stützmauer eingestürzt sey. Das erste, was also geschehen mufs, ist die Einrichtung einer hölzernen, aus einem verzahnten Balken tragenden Hängewerke *a. f. b*, bestehenden Nothbrücke, welche über ein aus Schrägstützen bestehendes Holzgerüste zusammen gesetzt wird. Dann werden die Arbeiter, mittelst Hebezeuge und Seile, in den Abgrund herab gelassen. Jetzt lassen die oben auf der Brücke oder auf den noch stehenden Strafsen-Enden *a* und *b* befindlichen Arbeiter die geschifteten Hängesäulen *f e*, welche nach und nach zur Tragung des Arbeitsgerüstes, so wie des Schufsgerinnes *a c* dienen, herunter. Auf diesem letztern läfst man die kleinen Rollwägen, welche einen mit Mörtel und Steinen gefüllten Kasten (beym Bergbaue, Hund genannt) tragen, herab gleiten. Der leere Steinwagen, in welchen sich des Abends die Arbeiter setzen, wird mittelst einer durch Seile an Bäume oder Felsen festgebundenen Winde *g* aufgezogen. Die Arbeits- und Material-Pritschen *d d* werden, je nachdem die Futtermauer empor steigt, an den Laufhölzern *f* und *e* hinauf geschoben, und mittelst der darein gesteckten hölzernen Nägel befestigt. Auf der Brücke oder den zwey Strafsen-Enden *b* und *a* stehe eine Hebemaschine (Krahnen), mit welcher die Werkstücke herunter gelassen, und in ihr Lager gesetzt werden. Anstatt eines Krahnens kann man sich auch des sogenannten Richtbaumes und der Flaschenzüge bedienen. Ist vermittelst dieser Hülfsmittel und guter Materialien die Futtermauer dauerhaft bis zur Strafsenhöhe aufgeführt, so wird der zwischen ihr und dem Felsen entstandene Zwischenraum mit Steingerölle oder den abgesprengten Felsenstücken gefüllt. Nachdem die Arbeit so weit gediehen ist, dafs die Masse des Fahrbettes selbst angelegt werden kann, so wird die Nothbrücke *a b* abgenommen, und die Strafse vollendet. Damit aber dergleichen Futtermauern oder gewölbte Bogen von den jenseits der Strafse abgesprengten Felsenstücken nicht beschädigt werden mögen; so mufs, ehe sie vollständig angelegt werden, die Sprengung der nahen Felsenwände vollendet seyn. Die Felsenstücke selbst sind dann auf die Seite zu wälzen, und zur Strafse zu verwenden.

ZWEYTES KAPITEL.

Von der sorgfältigen und ökonomischen Wiederherstellung und Unterhaltung der Strafsen und von den Eisenbahnen.

§. 32.

Es müssen alle Arbeiten dahin abzwecken, dafs die Strafsen die in den §. 3 bis 5 bestimmte Form, Lage, Neigung und Dicke bekommen, wozu sich der vorne angegebenen Werkzeuge, Fuhrwerke und Materialien zu bedienen ist.

§. 33. Wenn in Verfall gerathene oder übel angelegte Strafsen vollkommen hergestellt werden sollen, so mufs man die schlechtesten nach den vorne gelehrten Maximen neu erbauen, die hohen Bankets, wodurch die Convexität der Strafse verlohren wird, abnehmen, die sumpfigen und niedrigen Stellen durch Faschinenbau oder eine hinreichende Masse von Material füllen; wo möglich einen Grundbau darauf anlegen; die Oberfläche der ruinirten Strassen von Schlamm, Staub und einzelnen grofsen Steinen reinigen, und zu 8 bis 16 Fufs Breite, je nachdem die Strafse von vielem Fuhrwerk benutzt wird, im Herbst oder Frühling, mit Material dergestalt beschütten, dafs eine zweyte im folgenden Frühling oder Herbst vorzunehmende Bekiesung zu 10 bis 18 und 20 Schuh Breite, der Strafse die im vorigen Kapitel vorgeschriebene Convexität und Dicke giebt; zugleich auch an den nassen Stellen und wo die Chaussee nicht schon dammartig ist, im Frühling oder Sommer, Seitengräben ziehen *); die *erforderlichen* Durchlässe anlegen, und endlich müssen die bey ruinirten Strafsen so häufigen an den Seiten liegenden Erderhöhungen fortgeschafft, die auf oder nahe an den Strafsen stehenden Eichen, Buchen und vielen Schatten verbreitenden Bäume, das Buschwerk und Holz, und die jeden Luftzug verhindernden und auf der Strafse Schne anhäufenden Mauern und Zäune weggeschafft oder wenigstens erniedrigt und letztere mit vier Quadratschuh grofsen Oeffnungen versehen werden. Diese sollten der Oberfläche der Strafse gleich, und auf den möglichst kürzesten Abständen gemacht seyn. Wenn an beyden Seiten der Chaussee Mauern stehen, so müssen die Oeffnungen zur Vermehrung des Luftzuges gegeneinander über angebracht werden. Uebrigens dient fast alles dasjenige bey der Wiederherstellung der Strafsen zu befolgenden Normen, was in dem vorhergehenden Kapitel von der Anlage der Strafsen gelehrt worden ist.

§. 34. Auf die Unterhaltung der Strafsen ist deswegen die möglichste Sorgfalt zu verwenden, a) weil sie nicht nur täglich von den Fuhrwerken und dem Vieh abgenutzt werden, sondern auch b) der Einwirkung aller Witterung blos gestellt sind; c) die einmal in Verfall gerathenen Strafsen grofse Summen kosten, wenn sie wieder in vollkommenen Stand hergestellt werden sollen, und dann die Erhaltungskosten von zehn Jahren in einem Jahr verschlingen, und endlich d) jede kleine unausgebesserte Beschädigung sich schnell in eine gröfsere umwandelt. In dieser Hinsicht wird jede für das Wohl des Landes besorgte Regierung die zur guten Unterhaltung der Strafsen erforderlichen Mittel, und die, wie die Erfahrung lehrt, nicht sowohl in klingender Münze, sondern vielmehr in einer zweckmäfsigen Einrichtung des Baudepartements und der unentgeldlichen oder wenigstens der nach einer billigen Taxe einzurichtenden Beyfuhr des Materiale bestehen, nicht versagen. Sollen die öffentlichen Strafsen vollkommen unterhalten werden, so mufs man die Strafsenbauten nicht in Entreprise geben, sondern dieselben in Regie machen; nicht nur blos an den Strafsen beständige Aufseher halten, sondern auch monatlich bezahlte Arbeiter (Wegemacher). Diese müssen stets die vollkommen ausgebesserten, nicht mehr in Reparationszustande seyenden Strafsen vom Wasser befreyen, folglich aus den etwaigen Geleisen dasselbe auslassen; das Materiale, nachdem der Schlamm abgezogen und die Strafse vom Wasser befreyt ist, *nicht auf einmal* hoch aufschütten, sondern *nach und nach* in die Ge-

*) Im Herbst dürfen in unserm kalten Clima deswegen die Gräben weder von neuem gemacht, noch ausgehoben werden, weil sie im Frühling beym Aufthauen des Frostes wieder zusammen fallen.

leise einwerfen, ja da, wo einzelne Vertiefungen sind, und das vorher darauf gebrachte Material dergestalt zermalmt ist, dafs die Fuhrwerke darin gleich wieder tiefe Geleise einschneiden können, oder wo die Convexität der Oberfläche mangelt, — bey feuchter Witterung, wobey es sich bald bindet — ausbreiten. Fehlen in Pflasterstrafsen einzelne Steine, so haben sie andere einzusetzen. Sie müssen Gebirgsstrafsen vom Stein-Gerölle räumen; an den Durchlässen und kleinen Brücken geringe Beschädigungen ausbessern; die Hohlwege von Eis und Schnee befreyen, den Hülfsarbeitern vorarbeiten und zeigen, wie und was diese zu machen haben. Es ist daher zuträglich, wenn Maurer, Steinsprenger, Pflasterer oder Zimmerleute zu Wegemachern genommen werden. Ferner sollen dieselben für die Reinigung des Materials, für die Zerschlagung der gröfsern Steine in kleine, die auf Haufen gesammelt werden; für die Säuberung der Strafse von grofsen einzeln in der Strafse nur Gruben und den Fuhrwerken Stöfse verursachenden Steinen; für die Unterlegung des Radschuhes, wo die Räder gesperrt werden, sorgen. Die zu hohen Bankets sollen sie abnehmen, die Gräben offen erhalten und beyde von Gras befreyen, welches ihnen zustehen mufs. Ein Wegemacher, der seine Schuldigkeit thut, bey aller Witterung, arbeitet, verdient gut bezahlt zu werden, denn von seiner Verwendung hängt der Zustand der Kunst-Strafsen und die Oekonomie wesentlich ab; sie müssen deswegen die Versicherung haben, dafs der Staat für ihre Wittwen und Waisen sorge.

§. 35. Aus allen diesen vorgetragenen Maximen geht die Nothwendigkeit hervor, dafs ihre glückliche Anwendung nicht Statt finden könne, wenn die Regierung nicht eine Strafsenbaupolizey und Dienstes-Instructionen für die Strafsenbau-Beamte verordnet, und auf ihre Befolgung mit gerechter Strenge hält. Die Strafsenbau-Polizey mufs zugleich die Mittel zum Strafsen- und Brückenbau bestimmen; defswegen ein billiges Weg- und Brückengeld, und Natural-Concurrenzen einführen. Ich habe alle diese Gegenstände in meiner bey Seidel in Sulzbach herausgekommenen Theoretisch-Praktischen Strafsenbaukunde behandelt, worauf ich der Kürze wegen verweise.

§. 36. Aufser den bis jetz erklärten Constructionen der Kunststrafsen hat man auch die längstens bey den Bergwerken im Gebrauch gewesenen Holz- und Eisenbahnen zu *kurzen Wegestrecken* in Anwendung gebracht; insbesondere bey einigen Eisenhütten und Hämmern in England. Die eisernen Strafsen bestehen daselbst gröfstentheils aus zwey auf feste Unterlager liegenden Eisengeleisen, welche entweder oben oval sind, oder eine Seitenwand haben; auf der convexen Oberfläche des aus Eisen gegossenen Stabes läuft das mit einem hohlen Rand versehene Rad, und bey der zweyten Art, streichen die beyden Räder längs den zwey erhabenen Rändern der beyden Eisenbahnen hin. Jeder Ingenieur wird einsehen, dafs man zur Vermeidung der Reibung des Umfanges vom Rade *A* Fig. 53. und 54. Tab. 134. die Eisenbahnen convex gestalten und den Rand *a b* umbiegen, oder, wie der Durchschnitt Fig. 53. zeigt, bogenförmig durchbrechen könne, so, dafs das Rad nicht immer längs dem massiven Rande *a b* hinstreicht. Durch die hieraus entstandene Oeffnung wird der von den Hufen der Pferde aufgeworfene Schlamm und Kies seitwärts (von der Eisenbahn) abgleiten; und da die Eisenbahnen immer einige Schuh höher auf hölzernen Unterlagern, welche aus eingerammten Pfählen *D* und einer darauf gelegten Holzschwelle *b c* bestehen, liegen, als der Weg *B* auf dem die Pferde gehen; so können sie auch, wenn der Schnee nicht höher fällt, im Winter noch gebraucht werden, und man wird nur von Zeit zu Zeit die seitwärts von der Eisenbahn herabgefallne Erde oder den Kies fortnehmen müssen. Wenn nun gleich die Reibung der Räder auf Eisen- und Holzbahnen geringer als auf Kunststrafsen ist, folglich darauf eine weit gröfsere Last fortgezogen werden kann: so dürfte jedoch ihre Anwendung, aus den nachstehenden Gründen, nur auf kurzen Wegestrecken, etwa bis zu zwey Stunden, oder nur da, wo man von den Schmelzhütten und Hammerwerken schwere Lasten mit den für die Eisenbahnen besonders eingerichteten Fuhrwerken, nach den nahen Canälen, wie in England, verführt, oder auch zwischen zwey Canalästen, die man des Wassermangels wegen nicht verbinden kann, Statt finden.

Folgende Rücksichten stehen der Anlegung dieser Eisenbahnen, bey den öffentlichen Heerstrafsen, entgegen: Erstens sind die Kosten sehr bedeutend; eine Eisenbahn kann nicht weniger als vier Zoll breit und zwey Zoll hoch seyn; und für den Durchschnitt ihres Randes mufs man wenigstens sechs Quadratzoll rechnen. Die Stunde Weges wird also 10000 Centner Gufseisen erfordern, wofür man 100000 fl. anschlagen kann. Hiezu kömmt noch

die Anlage des Strafsendammes, der Ankauf der Grundstücke *) und die Errichtung der Unterlager zu den Eisenbahnen, wenigstens mit 15000 fl., so dafs die Stunde Weges 175000 fl. kosten würde, wofür man auch einen Canal anlegen kann, auf dem der Transport noch leichter ist, und der niemahls, wie die sich abschleifenden Eisenbahnen, ganz erneuert werden darf. Zweytens erfodern die Eisenbahnen eigends dazu eingerichtete Fuhrwerke, und wenn der Schnee über dieselben hinausgeht, so ist ihr Gebrauch unmöglich. Drittens kann man sie nicht durch solche Städte und Dörfer führen, deren Gassen so eng sind, dafs sie ausser für die Eisenbahnen, auch für die gewöhnliche Strafse geräumig genug wären. Jene unterbrechen auch in den Dörfern und Städten den Verkehr und den Landbau, indem man quer über dieselben nicht aus den Häusern hinüber fahren kann, welches doch beym täglichen Verkehr nothwendig ist. Man müfste sie also daselbst weglassen, und vor jeder Stadt und vor jedes Dorf, Vorspann nehmen, weil der Wagen nicht mehr von der geringen Anzahl Pferde fortzuziehen ist. Läfst sich also wohl die Ausführung dieser Maafsregel im Ernst gedenken? Viertens ist die Abnutzung der Eisengleise in kurzer Zeit unvermeidlich, und sie verursachen ein höchst unangenehmes Gekreische, indem der darauf gefallene Kiessand zwischen denselben und den Rädern zerquetscht wird, so dafs die auf der Chaussee-Fahrenden eine solche Anlage verwünschen müssen. Fünftens: werfen die Zugpferde, beim Regenwetter, den Kies und Schlam auf die Eisenbahnen, und wenn es auch von denselben gröfsentheils seitwärts abfällt: so mufs doch vieles weggekehrt werden, woraus eine stete Arbeit nothwendig wird. Da die Fuhrwerke auf den Eisenbahnen, wenn sie über Anhöhen liegen, beim Bergabfahren von den eingespannten Pferden nicht aufgehalten werden können: so müfste man daselbst eigene Vorrichtungen, zur Hemmung ihres Laufes, anlegen. *Sechstens*: im Kriege würde man die Eisenbahnen gleich zerstört sehen, weil sie den Marsch der Colonnen und dem Fortkommen des Geschützes nachtheilig sind, und im Frieden unterbricht die Entwendung einiger Gleise-Stücke den Gebrauch solcher Strafsen, auf mehrere Stunden Zeit, und wie leicht sind dabey nicht Diebstähle möglich? *Siebentens*: zu den Eisenbahnen müfste fast überall der Grund angekauft werden; eines Theils weil die bestehenden Chausseen nicht breit genug sind, um solche Strafsen abzugeben, und andern Theils der vielen unter sich abweichenden krummen Wendungen der Chauseen wegen, denen die Eisenbahnen nicht folgen können, weil es unmöglich ist, sie nach diesen verschiedenen Krümmungen, auch nur theilweise giesen zu lassen. Indem man aber damit die Aecker nach geraden Linien durchschnitte, so blieben zwischen denselben und der Heerstrafse öfters kleine Grundstücke liegen, deren Bearbeitung mit dem Pfluge, wo nicht unmöglich, doch sehr kostbar seyn müfste. *Achtens*: auch die Kreuzstrafsen machen ein grofses Hindernifs bey den Eisenbahnen, weil eigene Einschnitte dafür angelegt werden müssen, und die schnelle Abnutzung des Eisens unvermeidlich ist. Da man in dem Einschnitt den Rand der Eisenbahn weglassen mufs, so kann das Fuhrwerk von einer solchen flach liegenden Bahn leicht abgleiten, und selbst, wenn die Querstrafse hier gepflastert wird, so entsteht der Umstand, dafs der Wagen nicht mit einer gleichen Anzahl von Pferden fortgezogen werden kann, und dann ist die feste Verbinbindung des Pflasters mit der Eisenbahn selbst, äufserst schwierig.

Dieses sind einige der erheblichsten Einwürfe, welche die Einführung von Eisenbahnen, anstatt unsrer Chausseen und der Canäle, widerrathen; auch sind sie in England ohngeachtet ihr Gebrauch durch die Erfahrung sehr geprüft wurde, nur auf kurzen Wegestrecken angelegt worden; Nemnich führt in seinen Reisen an, dafs man nach vielen Debatten, zwischen Depford und Portsmonth, die Anlage eines Canals den Eisenbahnen vorgezogen habe. Es scheint daher, dafs man sich, ausser in den oben angeführten Fällen, zu der Anlage der eisernen Strafsen, schwerlich in irgend einem Lande entschliefsen dürfte, welche Verbesserung auch mit ihrer Construction vorgenommen werden möge.

Beschlufs dieses Werkes.

Insofern ich nun Eilf Abtheilungen der Wasserbaukunde systematisch vorgetragen, die Theorie und Ausübung abgehandelt und die wichtigsten Anlagen aller Art beschrieben habe: so wird dieses Werk den grofsen Lehranstalten, zu Vorlesungen dienen können. Da es ferner die wichtigsten Erfahrungen aller Zeiten, welche in der Wissenschaft des Wasserbaues, also auch bey den Gründungen der Gebäude, gemacht worden

*) Wenige der vorhandenen Chausseen und Brücken (in Baiern und Oesterreich aber keine) sind so breit, dafs sie noch doppelte Eisenbahnen, die zum Ausweichen der Wägen nothwendig sind, abgeben können.

sind, so wie die im grofsen angestellten Versuche: über die Tragkraft der Werkstücke, des Eisens, der eisernen Röhren, des geraden und gekrümmten Bauholzes, so wie über dessen Elasticität, Prefsbarkeit und Reaction enthält, und die praktische Ausführung der Bauwerke lehrt; so dürften sich diejenigen Regierungen, welche ihr gesammtes Bauwesen mit Oeconomie und Zweckmäfsigkeit behandelt wissen wollen, gleich der *Kaiserlich-Russischen* Regierung, bewogen finden: dieses Werk, als Belohnung ausgezeichneter Talente und des Diensteifers: an die Ingenieure und Baubeamte, austheilen zu lassen. Es scheint, dafs diesen ein solches Buch schon deswegen von Nutzen seyn müsse, weil die darin abgehandelten Abtheilungen in einem innigen wissenschaftlichen Verbande stehen und im weiten Kreise der *Wasserbaukunde* auch das Wissenswertheste und Schwierigste der zweyten Abtheilung der Baukunde d. i. der Fortification (Kriegsbaukunde) und der dritten d. i. der bürgerlichen Baukunde liegt; selbst die vierte Abtheilung der Bauwissenschaft, d. i. die Schiffsbaukunde, und die fünfte d. i. die Bergbaukunde, müssen vieles von ihr entlehnen. Derjenige, welcher sich einem der hier genannten Zweige des Gebiets der *Bauwissenschaft* oder allen zugleich, mit Anstrengung und Genie, widmet: nur Der hat ein vollendetes wissenschaftliches Studium gemacht, und kein in den Gränzen der Brodwissenschaft eingeengtes, kümmerliches *). Bei den vorhandenen Schriften und durch Reisen wird jetzt ein ausgebreitetes Studium der Bauwissenschaft und vorzüglich der gesammten Wasserbaukunde, durch Anstrengung, und Geldunterstützung, ausführbar, welches ehemals nur seltene Talente zu umfassen versuchen konnten. Unter diesen Umständen stehen also solche Baubeamte aller Art, die Ingenieur-Officiere, die Schiffs- und Bergbau-Officianten, welche sich mit dem Studium eines geringen Theils von einer dieser Abtheilungen der Bauwissenschaft begnügen, und nur so viel zu erlernen trachten, damit sie die beschränkte Wirksamkeit ihres Dienstes, zur Noth, ausfüllen, die, wenn sie zu einer Stelle gelangen, nicht weiter sondern zurückschreiten, in ihrer ganzen Erbärmlichkeit da, welche Protectionen sie auch geniefsen mögen, welche Wege sie auch, wegen ihrer Beförderung, einschlagen. Wer sich nun der *Wasserbaukunde* widmet, und ihre, Abtheilungen nicht *alle*, und überdies die Anlage der vom Wasser, dem Winde und von Dämpfen getriebenen Maschinen, studirt, ist vom Ziel weit entfernt, und Derjenige, welcher sich mit einigen wenigen Materien begnügt, bleibt eben so mittelmäfsig als der bürgerliche Baumeister, der Militär-Ingenieur, der beym Schiffs- und Bergbau Angestellte, welcher nicht in einigen Theilen der Wasserbaukunde bewandert ist. Die Dürftigkeit solcher Subjecte entdeckt sich in ihren Anlagen, womit grofse Summen vergeudet werden und die Regierungen sich vor den einsichtsvollen Zeitgenossen uud Nachkommen compromittiren. So wird denn der Geist des Erhabenen, Nützlichen und Vollendeten, welcher sich vorzüglich in den Werken der Baukunde aussprechen kann, von einem mangelhaften Studienplan der Bauwissenschaften, und von der Gleichgültigkeit, womit die Obern die Bauwerke betrachten, ganz eigentlich unterdrückt. Und doch könnten die Regierungen, mit einer vollkommenen Ausübung der Baukunde ihren Ruhm recht dauerhaft gründen, wenn sie dadurch dem Volke: Sicherheit, Bequemlichkeit und Vergröfserung seines Wohlstandes bewirken, so wie den Geschmack veredeln. Sollte daher billig nicht jede Regierung sich vornehmen: wenigstens ein nützliches grofses Bauwerk ausführen zu lassen, welches die Nachkommenschaft mit Dankbarkeit und Bewunderung erfüllt, so oft sie sich dessen zu ihrem Vortheile bedient. So sind die Römischen und Griechischen Bauwerke noch jetzt die sichersten Zeugnisse von dem Geschmack und der hohen Sinnesart der Römer und Griechen; daher werden diejenigen Regenten, welche, ohne Druck des Volks, bey einer verständigen und liberalen Verwaltung: Häfen, Canäle, Brücken, Kunststrafsen, Austrocknungen, Flufscorrectionen, See- und Flufsbedeichungen u. d. gl. Werke anlegen lassen, stets bey der Nation im rühmlichen Andenken bleiben, während fast alle andere Thaten vergessen werden, und fast alle andern Einrichtungen dem Wechsel unterliegen. Von solchen Bauunternehmungen findet aber nur eine Ueberzeugung statt: das Grofse und stets dem Blick des Volks Ausgesetzte und Nützliche, ist geschätzt, vom gemeinen Volh wie vom Denker, wenn gleich

*) Der Wirkungskreis eines Ingenieurs und der Baubeamten aller Art, ist gewöhnlich nur auf eine Abtheilung ihres Faches beschränkt; so ist der eine beym Flufsbau oder Schleufsenbau, der andere bey Erhaltung oder Ausführung eines Theiles einer Festung, der dritte bey den Landgebäuden oder bey der Unterhaltung der Schlösser des Regenten, ein vierter bey Schiffswerften, und ein fünfter, bey den Salinen oder auf einem Bergwerke angestellt. Wer also seine Studien nur auf das ihm *Angewiesene* beschränkt, der treibt ein dürftiges Brodstudium, uud verdient eigentlich sein ganzes Leben hindurch, nicht weiter im Dienste vorzurücken.

einige Zeitgenossen aus Neid dessen Werth verkennen: um es mit ihrem Geifer zu besudeln, alle List, Intrige und Verläumdung zu Hülfe nehmen und die Wirksamkeit des Mannes von Kenntnissen zu lähmen trachten. Alle verständigen, das Wohl der Völker befördernden und den Ruhm liebenden Regierungen, sind auch jetzt der Ueberzeugung: dafs die öffentlichen Werke, den Geist der Verwaltung aussprechen, ja! dafs die Land- so wie die Wasser-Communicationen, die Lebensadern alles Verkehrs und des Wohlstandes civilisirter Nationen sind.

Durch das Studium dieses Werkes welches das Resultat einer achtzehnjährigen Arbeit, vielseitiger bey grofsen Bauwerken gemachten Erfahrungen und kostbaren Reisen ist, dürfte daher leicht, bey einer geringen Bauunternehmung, der Ankaufspreifs erspart werden; um wie viel mehr wird dies nicht der Fall bey grofsen Gebäuden und bey Anlagen von Canälen, Schleusen, Mühl- und andern Wehren, bey Brücken, Flufs- und See-Häfen, Flufs- und Seedeichen, Seeuferbanten, Flufscorrectionen und Festungen, ferner bey der Schiffbahrmachung der Flüsse und bey ausgedehnten Austrocknungen seyn? Leider wird man jedoch hie und da, die Erfahrung gemacht haben: dafs grofse Summen verwendet werden, ohne dauerhafte, nützliche, geschmackvolle und grofse Werke aufgeführt zu haben, weil zu wenig Werth auf ächte Kenntnisse und Erfahrung im Gebiet der Baukunde und auf wirkliche Talente gelegt wurde, den Ingenieurs und Baumeistern es aber an solchen Schriften, welche die Erfahrung verflossener Zeiten aufbewahren, die Bauwissenschaften weiter bringen und die Anwendung mit der Theorie vereinigen, so wie an der Gelegenheit, ihr Studium gründlich zu machen, fehlte. Das Bedürfnifs, die *Wasserbaukunde* auf einigen Universitäten oder in Bauakademien zu lehren, und einige junge Männer; die sich bey ihrem Studium auszeichnen, auf Staatskosten reisen zu lassen, spricht sich daher von selbst aus! Bis jetzt wird aber diese erhabene *Wissenschaft* in Teutschland noch wenig geachtet, und fast nichts für ihr Studium verwendet, weil man ihr inneres Wesen nicht kennt. Ja! die Herausgeber der Literaturzeitungen zählen sie zur Technologie und die Geschäftsmänner bezeichnen die darin gemachten Entwürfe, mit der Benennung *technishe* Gutachten! Möchten sich diese Herrn in dieser Wissenschaft nur etwas umsehen, und daneben die Schwierigkeiten erwägen, welche die Wasserbaukundigen zu besiegen haben, wenn sie sich mit den Wirkungen der Flüsse, des Meeres und anderer Naturkräfte einlassen: dann würden sie bald anders urtheilen, und die Wasserbaukunde nicht der Technologie zutheilen, sondern ihr oder der gesammten Bauwissenschaft, eine eigne Rubrik einräumen.

Endlich sey es dem Verfasser erlaubt: *dessen übrige literarische und geographische Arbeiten hier anzuführen.* Es sind I., *Die literarischen:* 1) Beiträge zum practischen Wasserbau und zur Maschinenlehre 1792. 2) Abhandlung: über topographische Karten 1792. 3) Beyträge zur churpfälzischen Staatengeschichte 1795. 4) Uebergang der Franzosen über den Rhein 1795. 5) Vorschläge zur Verbesserung des Wasserbaues 1796. 6) Abhandlung über die Rheingränze, dem Rastädter-Congrefs übergeben. 7) Allgemeine auf Geschichte und Erfahrung gegründete theoretisch-practische Wasserbaukunst in 5 Quartbänden von 1798 bis 1807. 8) *Strafsenbaukunde*: bey Degen in Wien 1804. 9) Zweyte Auflage dieser letzten Schrift: bey Seidel 1808. 10) *Büsch* Mathematik u. s. w. 2. und 3ter Band des 2ten Theils: umgearbeitet, bey Hoffmann in Hamburg 1802 bis 1804. 11) Beyträge zur ersten Auflage der Wasserbaukunst: erste Lieferung 1808. 12) Beyträge: worin die vom Verfasser erfundene und bey vielen Brücken angewandte Construction der hölzernen Bogen gelehrt wird, 2te Lieferung, 1809. Von dieser Schrift ist noch eine vom ältesten Sohn des Verfassers bearbeitete französische Uebersetzung im Jahre 1810 erschienen. 13) Beyträge zur ersten Auflage der Wasserbaukunst 3te Lieferung: die Häfen von Venedig, Triest und Cronstadt betreffend 1811. 14) Diese Schrift erschien zugleich in französischer Sprache, worin auch der Seehafen Nieuwendiep beschrieben ist. 15) Beyträge: vierte Lieferung, dem Flufs- und Wehrbau gewidmet 1811. 16) Fünfte Lieferung, den Bau und die Construction der eisernen Brücken betreffend 1812. 17) Sechste Lieferung, Beschreibung des bey Lindau angelegten Hafens 1812. II. *Die geographischen Arbeiten* des Verfassers bestehen: 1) In der topographischen Aufnahme der ehemaligen Netzdistricte und Cujavien; theils von demselben, anderntheils unter dessen Direction, von der Mitte 1781 bis März 1784 bewerkstelligt, und in 72 grofsen Blättern gezeichnet. 2) in der topographischen Aufnahme eines Theils von *Hinterpommern*, nämlich den Gegenden von Belgard, Cöslin bis Zanow, längs der Ostsee, vom Mai 1780 bis zur Hälfte 1781. 3. In der top. Aufnahme des Herz. *Weimar.* 4) Der Herrschaft *Schmalkalden* und in der Di-

rection der Aufnahme des Herzogthums *Gotha*, die der Verfasser mit der Aufnahme der Gegend um Gotha anfieng: 1784 bis 1785.

Alle diese topographischen Karten sind bisher nicht ins Publikum gekommen und liegen in den Plankammern der verschiedenen Gouvernements.

III. *Die durch den Stich bekannt gemachten topographischen Arbeiten des Verfassers* sind: 1) Gröſsentheils die Aufnahme der vom Grafen von Schmettan in 25 Blatt herausgegebenen Karten, der Herzogthümer *Meklenburg* von 1779 bis Anfangs 1780 und von 1780 bis Ende 1788. Die Jenaer Lit. Z. N. 28. 1794 und vom 17. Jäner 1795 giebt hierüber nähern Aufschluſs. 2) Die Karte des Herz. *Berg* in 4 Blatt 1790 bis 1793. IV. *Nach den beſsten Hülfsmitteln bearbeitete der Verfasser unter andern folgende zu dieser theor. pract.* Wasserbaukunst als Kupfer gehörigen Karten, die er auch auf seinen Reisen berichtigte, ehe sie gestochen wurden. a) Karte von Holland 9 Blatt. b) Vom Nieder-Rhein 10 Blatt. c) Von den holländischen Flüssen 12 Blatt. d) Genaue-Pläne der merkwürdigsten Rheden und Häfen 9 Blatt. e) Eine kleine aus 3 Blättern bestehende Karte der Rheingegend. Wer diese *Wasserbaukunst* besitzt, dem sind diese zuletzt erwähnten fünf Kartensammlungen und Plane überflüſsig, weil sie als Kupfer dazu gehören. Den Kartensammlern werden sie abgesondert verkauft.

Dieses Werk sey jetzt mit dem Wunsche beschlossen: daſs alle Regierungen, wie die *k. baierische*, sich bewogen finden möchten, die Grundsätze der Wissenschaft und die aus der Erfahrung gezogenen Maximen, beym Wasser-Brücken- und Straſsenbau, vereinigt mit der strengsten Oekonomie, in Anwendung bringen zu lassen. Seit 1806 wurden im Königreiche *Baiern* über zwey tausend Stunden Chausseen, von denen die mehresten fehlerhaft angelegt waren und sich damahls, nach dem beendigten Kriege, in dem verdorbensten Zustande befanden, verbessert und in dem guten Zustande gebracht, in welchem sie sich gegenwärtig befinden, worüber sich auf das Zeugniſs aller Reisenden die nicht die unchaussirten mit den chaussirten Straſsen verwechseln wollen, berufen werden kann. Selbst in Tyrol sind die Chausseen erweitert und bequemer gemacht worden. Die Wiederherstellung der Kunst-Straſsen *Baierns* welche Anfangs 1814 die Länge von 2161 Stunden betrugen, konnte aber, ohngeachtet aller Bemühungen, erst in diesem Jahre vollendet werden, weil drey Kriege die Arbeiten unterbrachen und die Heereszüge das Angefangene wieder beschädigten: auch das schlechte, unter den schmalfelgigten Rädern der bis 200 Ct. ladenden Lastwägen leicht zermalmbare Material, welches, man nur in Baiern, ausser in den Gebirgen, wo festes ist, antrifft, so wie die ursprüngliche Anlage der Chausseen und einige andere Ursachen, verzögerten zwar die Wiederherstellung, aber sie konnten sie, bey dem consequenten Gange der Verwaltung nicht verhindern, wie jetzt die That zeugt. Ferner sind in Baiern seit 1806, vierzig Stunden neue Kunst-Straſsen angelegt; sechs und dreysig groſse Brücken von denen mehrere in diesem Bande beschrieben sind, erbauet, hundert und vier aber restaurirt, zwölf Haupt-Fluſscorrectionen mit der Donau, dem Inn und der Isar ausgeführt, drey groſse massive Durchlaſswehre zu Landshut und München, bey Lindau am Bodensee aber ein geräumiger Hafen, angelegt, und der Bau von der groſsen steinernen Brücke bey München angefangen worden. Das gesammte Wasser-Brücken-und Straſsenbauwesen des Königreichs hat seit 1805, mit Einschluſs der Administration, jährlich nicht einmahl die Summe von neunmahl hundert Tausend Gulden gekostet und die dabey angestellten Beamte befassen sich weder mit der Ausgabe noch Einnahme; endlich finden bey diesem Bauwesen die verderblichen Entreprisen *nicht* statt.

Ende des dritten und lezten Bandes.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Wiebeking, Carl Friedrich <<von>>,

Theoretisch-practische Wasserbaukunst

Bd.: 3 : Mit zwey und dreyssig Kupfern

München 1814

BHS IV 170-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708526-1